

การหาตำแหน่งและขนาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายในระบบ
จำหน่ายโดยวิธีการเคลื่อนตัวของกลุ่มอนุภาคที่เหมาะสมที่สุด

OPTIMAL PLACEMENT AND SIZING OF DISTRIBUTED
GENERATION SYSTEM USING PARTICLE SWARM
OPTIMIZATION

วีระชัย พ่วงพรพิทักษ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ปีการศึกษา 2555

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

การหาตำแหน่งและขนาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายในระบบ
จำหน่ายโดยวิธีการเคลื่อนตัวของกลุ่มอนุภาคที่เหมาะสมที่สุด

วีระชัย พ่วงพรพิทักษ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ปีการศึกษา 2555

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การหาตำแหน่งและขนาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายในระบบจำหน่ายโดยวิธีการเคลื่อนตัวของกลุ่มอนุภาคที่เหมาะสมที่สุด
ชื่อ - นามสกุล	นายวิระชัย พ่วงพรพิทักษ์
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์กฤษณ์ชนม์ ภูมิภิตติพิชญ์, Ph.D.
ปีการศึกษา	2555

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นการวิเคราะห์หาตำแหน่งและขนาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายที่เหมาะสมในระบบจำหน่ายโดยใช้วิธีกลุ่มอนุภาค การติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายเข้าไปในระบบจำหน่ายเพื่อต้องการชดเชยกำลังไฟฟ้าและปรับปรุงเสถียรภาพแรงดันไฟฟ้า เพื่อให้ระบบไฟฟ้ามีเสถียรภาพและความน่าเชื่อถือได้ดียิ่งขึ้น

การวิเคราะห์อาศัยแบบจำลองของระบบจำหน่ายแบบเรเดียล 26 50 และ 59 บัส ซึ่งดัดแปลงมาจากส่วนหนึ่งในระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ใช้ฐานกำลังไฟฟ้าเท่ากับ 10 เมกะวัตต์แอมแปร์ และฐานแรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 12.66 กิโลโวลต์ การคำนวณการไหลของกำลังใช้การคำนวณกระแสแบบย้อนกลับและการคำนวณแรงดันแบบไปข้างหน้า และใช้เทคนิคการหาตำแหน่งที่เหมาะสมโดยวิธีกลุ่มอนุภาค ภายใต้เงื่อนไขเสถียรภาพแรงดันไฟฟ้าของระบบไฟฟ้ากำลังที่สถานะโหลดคงที่

ผลการจำลองพบว่าระบบจำหน่ายแบบเรเดียล 26 บัส เมื่อติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายขนาด 6.95 เมกะวัตต์ เข้าไปที่บัส 14 พบว่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบลดลงร้อยละ 60.96 สำหรับระบบที่สองระบบจำหน่ายแบบเรเดียล 50 บัส เมื่อติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายขนาด 9.10 เมกะวัตต์ เข้าไปที่บัส 34 พบว่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบลดลงร้อยละ 68.28 ชุดท้ายระบบจำหน่ายแบบเรเดียล 59 บัส เมื่อติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายขนาด 8.99 เมกะวัตต์ เข้าไปที่บัส 18 พบว่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบลดลงร้อยละ 65.74 วิทยานิพนธ์นี้แสดงให้เห็นว่าการหาตำแหน่งและขนาดที่เหมาะสมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจาย ด้วยวิธีการเคลื่อนตัวของอนุภาคที่เหมาะสมที่สุดทำให้กำลังไฟฟ้าที่สูญเสียในระบบจำหน่ายลดลง และเป็นแนวทางในการวิเคราะห์และพัฒนาเสถียรภาพด้านอื่นๆ ของระบบไฟฟ้าสำหรับการเพิ่มคุณภาพกำลังไฟฟ้าในระบบให้ดีขึ้น

คำสำคัญ : เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจาย วิธีการเคลื่อนตัวของอนุภาค ระบบจำหน่ายแบบเรเดียล

Thesis Title	Optimal Placement and Sizing of Distributed Generation System Using Particle Swarm Optimization
Name - Surname	Mr. Weerachai Phuangpornpitak
Program	Electrical Engineering
Thesis Advisor	Assistant Professor Krischonme Bhumkittipich, Ph.D.
Academic Year	2012

ABSTRACT

This thesis proposes the analysis of optimal placement and sizing of distribution generator using particle swarm optimization method (PSO). Distributed generation can inject the real and active power into the power system in order to improve the voltage stability and reliability.

The methodology is tested on 26, 50 and 59-bus radial systems modified from PEA distribution systems using 10 MVA and 12.66 kV as the per unit base values. The load flow analysis on distribution system is selected to calculate using forward-backward sweep methodology.

The simulation result shows the voltage profile and power losses in the 26-bus distribution radial system when is installed the 6.95 MW distribution generator at bus no.14 and the loss power reduction in the power system is about 60.96 percent. The second system proposes 50-bus distribution radial system which is installed 9.10 MW distribution generator at bus no.34. The result shows the loss power reduction about 68.28 percent. The last system is 59-bus distribution radial system which is 8.99 MW. It is installed distribution generator at bus no.18. The result shows the power loss reduction about 65.74 percent. The simulation result shows the optimal placement and sizing of distribution generator which it could be found the optimal value using PSO technique. Therefore, this study can be verifying the methodology in order to show the optimal placement and sizing of DG.

Keywords : distribution generator, particle swarm optimization, radial distributed system

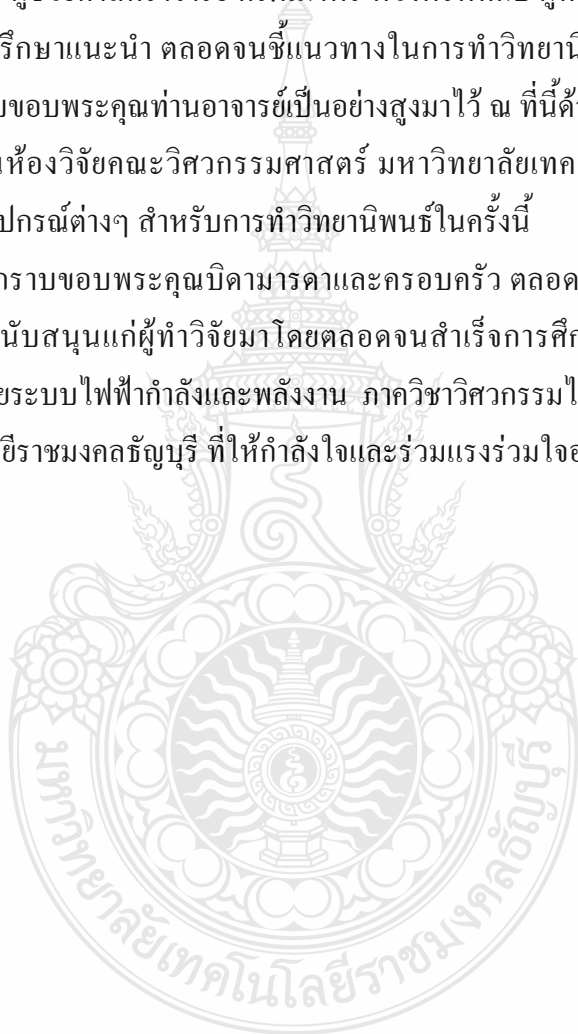
กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ไปได้ด้วยดี เพราะได้รับความอนุเคราะห์ ความช่วยเหลือและคำแนะนำจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤษณ์ชนม์ ภูมิภักติพิชญ์ อาจารย์ที่ปรึกษา วิทยานิพนธ์ ดร.บุญยัง ปลั่งกลาง ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ดร. ณัฐภัทร พันธุ์คง กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นภาพร พ่วงพรพิทักษ์ ผู้ทรงคุณวุฒิ ที่กรุณาสละเวลาอันมีค่ายิ่งเพื่อให้คำปรึกษาแนะนำ ตลอดจนชี้แนวทางในการทำวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์เป็นอย่างสูงมาไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบคุณห้องวิจัยคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ วัสดุอุปกรณ์ต่างๆ สำหรับการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณบิดามารดาและครอบครัว ตลอดจนญาติพี่น้องทุกคนที่เป็นกำลังใจและให้การสนับสนุนแก่ผู้ทำวิจัยมาโดยตลอดจนสำเร็จการศึกษา และรวมถึงพี่ๆ น้องๆ ทีมงานวิจัย ณ ศูนย์วิจัยระบบไฟฟ้ากำลังและพลังงาน ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ให้กำลังใจและร่วมแรงร่วมใจอยู่ด้วยกันในการปฏิบัติงานตลอดมา

วีระชัย พ่วงพรพิทักษ์



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ง
กิตติกรรมประกาศ.....	จ
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญภาพ.....	ฌ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ.....	ฎ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์.....	4
1.3 สมมุติฐานของวิทยานิพนธ์.....	4
1.4 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์.....	4
1.5 ขั้นตอนการทำวิทยานิพนธ์.....	4
1.6 ข้อจำกัดของวิทยานิพนธ์.....	5
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	5
2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	6
2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	6
2.2 ระเบียบและหลักเกณฑ์.....	9
2.3 ระบบจำหน่ายกำลังไฟฟ้า (Distribution Systems).....	14
2.4 การคำนวณการไหลของกำลัง (Calculation of Power Flow).....	16
2.5 ปัญหาการไหลกำลังไฟฟ้าเหมาะสมที่สุด (Problem of Optimal Power Flow).....	22
2.6 วิธีกลุ่มอนุภาค (Particle Swarm Optimization Method).....	26
2.7 สรุปผลทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	31
3 วิธีดำเนินการวิทยานิพนธ์.....	32
3.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิทยานิพนธ์โดยใช้โปรแกรม MATLAB M-File.....	32
3.2 กรณีศึกษา.....	34

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
3.3 สรุป	43
4 ผลการทดลอง	44
4.1 การปรับปรุงกำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบจำหน่าย 26 บัสที่ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจาย.....	44
4.2 การปรับปรุงกำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบจำหน่าย 50 บัสที่ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจาย.....	49
4.3 การปรับปรุงกำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบจำหน่าย 59 บัสที่ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจาย.....	55
4.4 เปรียบเทียบวิธีกลุ่มอนุภาคกับวิธีขั้นตอนทางพันธุศาสตร์	61
4.5 สรุป	63
5 สรุปผลการทดลอง	65
5.1 สรุปผลการทำวิทยานิพนธ์.....	65
5.2 ข้อเสนอแนะ	67
รายการอ้างอิง.....	68
ภาคผนวก.....	70
ภาคผนวก ก ข้อมูลสาขาและบัสของระบบจำหน่าย	71
ภาคผนวก ข โปรแกรมการหาตำแหน่งและขนาดของ DG.....	82
ภาคผนวก ค ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่	121
ประวัติผู้เขียน.....	157

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 ข้อมูลระบบจำหน่าย 26 บัส ซึ่งประกอบด้วยขนาดของโหลดในแต่ละบัสทั้งกำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้าเสมือนในส่วนข้อมูลสายจำหน่ายประกอบด้วยค่าความต้านทาน ค่า รีแอกแตนซ์ ซึ่งทั้งสองค่าจะอยู่ในรูปเปอร์เซ็นต์รวมถึงค่าพิกัด MVA ของสายจำหน่าย.....	38
3.2 ข้อมูลระบบจำหน่าย 50 บัส ซึ่งประกอบด้วยขนาดของโหลดในแต่ละบัสทั้งกำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้าเสมือนในส่วนข้อมูลสายจำหน่ายประกอบด้วยค่าความต้านทาน ค่า รีแอกแตนซ์ ซึ่งทั้งสองค่าจะอยู่ในรูปเปอร์เซ็นต์ รวมถึงค่าพิกัด MVA ของสายจำหน่าย.....	39
3.3 ข้อมูลระบบจำหน่าย 59 บัส ซึ่งประกอบด้วยขนาดของโหลดในแต่ละบัสทั้งกำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้าเสมือนในส่วนข้อมูลสายจำหน่ายประกอบด้วยค่าความต้านทาน ค่า รีแอกแตนซ์ ซึ่งทั้งสองค่าจะอยู่ในรูปเปอร์เซ็นต์ รวมถึงค่าพิกัด MVA ของสายจำหน่าย.....	41
4.1 ผลการจำลองค่าต่างๆ ของระบบจำหน่ายแบบเรเดียล 26 บัส หลังติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจาย.....	45
4.2 การหาตำแหน่งติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายที่เหมาะสมโดยใช้ PSO ของ 26 บัส	48
4.3 ผลการจำลองค่าต่างๆ ของระบบจำหน่ายแบบเรเดียล 50 บัส หลังติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจาย.....	50
4.4 การหาตำแหน่งติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายที่เหมาะสมโดยใช้ PSO ของ 50 บัส	54
4.5 ผลการจำลองค่าต่างๆ ของระบบจำหน่ายแบบเรเดียล 59 บัส หลังติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจาย.....	56
4.6 การหาตำแหน่งติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายที่เหมาะสมโดยใช้ PSO ของ 59 บัส	60
4.7 การหาตำแหน่งติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายที่เหมาะสมโดยใช้ PSO และ GA	62

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.1	ไดอะแกรมของระบบไฟฟ้ากำลัง	2
2.1	โครงข่ายระบบจำหน่ายไฟฟ้าแบบเรเดียล	15
2.2	โครงข่ายระบบไฟฟ้าแบบลูป	16
2.3	ลำดับขั้นการวิเคราะห์การไหลของกำลังไฟฟ้าด้วยวิธีแบบย้อนกลับและไปข้างหน้า....	17
2.4	การจัดลำดับสายส่ง.....	19
2.5	กระแสในสายส่งของระบบไฟฟ้าแบบเรเดียล	20
2.6	การคำนวณค่ากระแสในสายส่งในแต่ละช่วงแบบย้อนกลับ	20
2.7	การคำนวณค่าแรงดันที่โหนดแบบไปข้างหน้า.....	21
2.8	วิวัฒนาการของวิธีปัญญาประดิษฐ์	26
2.9	การอยู่ร่วมกันเป็นฝูงของนกและปลา.....	27
2.10	การเปลี่ยนตำแหน่งของอนุภาค	28
2.11	ขั้นตอนการคำนวณหาคำตอบที่ดีที่สุดโดยใช้วิธีกลุ่มอนุภาค.....	31
3.1	ขั้นตอนการทำงานด้วยโปรแกรม MATLAB M-File	33
3.2	แผนภาพเส้นเดียวของแบบจำลองระบบจำหน่ายแบบเรเดียล 26 บัส	35
3.3	แผนภาพเส้นเดียวของแบบจำลองระบบจำหน่ายแบบเรเดียล 50 บัส	36
3.4	แผนภาพเส้นเดียวของแบบจำลองระบบจำหน่ายแบบเรเดียล 59 บัส	37
4.1	ค่ากำลังไฟฟ้าจริงสูญเสียหลังติดตั้ง DG ของระบบจำหน่าย 26 บัส 25 สายจำหน่าย.....	46
4.2	ค่ากำลังไฟฟารีแอกทีฟสูญเสียหลังติดตั้ง DG ของระบบจำหน่าย 26 บัส 25 สาย จำหน่าย.....	46
4.3	ขนาด DG ที่เหมาะสมของระบบจำหน่าย 26 บัส 25 สายจำหน่าย.....	47
4.4	ขนาดแรงดันที่บัสต่างๆ ก่อนและหลังติดตั้ง DG ของระบบจำหน่าย 26 บัส.....	48
4.5	ค่ากำลังไฟฟ้าจริงสูญเสียหลังติดตั้ง DG ของระบบจำหน่าย 50 บัส 49 สายจำหน่าย.....	52
4.6	ค่ากำลังไฟฟารีแอกทีฟสูญเสียหลังติดตั้ง DG ของระบบจำหน่าย 50 บัส 49 สาย จำหน่าย.....	52
4.7	ขนาด DG ที่เหมาะสมของระบบจำหน่าย 50 บัส 49 สายจำหน่าย.....	53
4.8	ขนาดแรงดันที่บัสต่างๆ ก่อนและหลังติดตั้ง DG ของระบบจำหน่าย 50 บัส.....	54
4.9	ค่ากำลังไฟฟ้าจริงสูญเสียหลังติดตั้ง DG ของระบบจำหน่าย 59 บัส 58 สายจำหน่าย.....	58

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.10 ค่ากำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟสูญเสียหลังติดตั้ง DG ของระบบจำหน่าย 59 บัส 58 สาย จำหน่าย.....	58
4.11 ขนาด DG ที่เหมาะสมของระบบจำหน่าย 59 บัส 58 สายจำหน่าย.....	59
4.12 ขนาดแรงดันที่บัสต่างๆ ก่อนและหลังติดตั้ง DG ของระบบจำหน่าย 59 บัส.....	60



คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

สัญลักษณ์	ความหมาย
C_1, C_2	ค่าคงที่ความเร่ง
G_{best_d}	ตำแหน่งที่ดีที่สุดในทุกๆ อนุภาคของตัวแปร d
$g_{i,j}$	ความนำไฟฟ้าจากบัส i ไปยังบัส j
I	กระแสที่ไหลระหว่างระบบกับ DG
I_{min}	กระแสต่ำสุด
I_{max}	กระแสสูงสุด
J	กระแสในสาย
t	รอบการคำนวณปัจจุบัน
k	รอบการคำนวณทั้งหมด
L_1	เป็นโหนดต้นทาง
L_2	เป็นโหนดปลายทาง
N_B	จำนวนบัส
N_C	จำนวนตัวอุปกรณ์ชดเชยกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟในระบบ
N_G	จำนวนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้งหมดในระบบ
N_L	จำนวนสายส่งทั้งหมด
N_T	จำนวนของหม้อแปลงที่ติดตั้งในระบบ
P	กำลังไฟฟ้าจริง
P_i	กำลังไฟฟ้าจริงของ DG
$P(x)$	ฟังก์ชันปรับโทษ
P_{loss}	กำลังไฟฟ้าจริงที่สูญเสียในสายส่งทั้งหมด
$P_{G,i}$	กำลังไฟฟ้าจริงผลิตที่บัส i
$P_{G,i}^{min}$	ขอบเขตของกำลังไฟฟ้าจริงต่ำสุด
$P_{G,i}^{max}$	ขอบเขตของกำลังไฟฟ้าจริงสูงสุด
$P_{D,i}$	ความต้องการกำลังไฟฟ้าจริงที่บัส i
$P_{best_{id}}$	ตำแหน่งที่ดีที่สุดของอนุภาค i ของตัวแปร d
Q	กำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

สัญลักษณ์	ความหมาย
Q_{loss}	กำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟที่สูญเสียในสายส่งทั้งหมด
$Q_{G,i}$	กำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟผลิตที่บัส i
$Q_{D,i}$	ความต้องการกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟที่บัส i
$Q_{\text{comp},i}^{\text{min}}$	ขอบเขตกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟต่ำสุด
$Q_{\text{comp},i}^{\text{max}}$	ขอบเขตกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟสูงสุด
R	รีซิสแตนซ์ของสาย
S	กำลังไฟฟ้าปรากฏ
S_i	กำลังไฟฟ้าปรากฏที่โหนด i
T_i^{min}	ขอบเขตเท็มปเหมือแปลงต่ำสุด
T_i^{max}	ขอบเขตเท็มปเหมือแปลงสูงสุด
V	แรงดันที่บัส
V_i	แรงดันที่บัส i
V_i^{min}	ขอบเขตแรงดันต่ำสุด
V_i^{max}	ขอบเขตแรงดันสูงสุด
V_j	แรงดันบัสที่ j
V_{ref}	แรงดันอ้างอิง
V_{ac}	แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ
V_{dc}	แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง
$V_{\text{dc},\text{min}}$	แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงต่ำสุด
$V_{\text{dc},\text{ref}}$	แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงอ้างอิง
V_{min}	แรงดันต่ำสุด
V_{max}	แรงดันสูงสุด
$V_i^{(k-1)}$	แรงดันที่โหนด i ณ รอบคำนวณที่ $k-1$
$\Delta V_j^{(k)}$	ค่าความคลาดเคลื่อนของแรงดันที่บัส j หลังการคำนวณในรอบที่ k
$V_j^{(k)}$	แรงดันที่บัส j ในรอบการคำนวณที่ k
$V_j^{(k-1)}$	แรงดันที่บัส j ในรอบการคำนวณที่ $k-1$

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

สัญลักษณ์	ความหมาย
V_{id}^t	ความเร็วในการเปลี่ยนตำแหน่งของอนุภาค i ของตัวแปร d ในรอบการคำนวณที่ t
V_{id}^{t+1}	ความเร็วในการเปลี่ยนตำแหน่งของอนุภาค i ของตัวแปร d ในรอบการคำนวณที่ $t+1$
W	ค่าถ่วงน้ำหนัก
W_{min}	ขอบเขตล่างของค่าถ่วงน้ำหนัก
W_{max}	ขอบเขตบนของค่าถ่วงน้ำหนัก
$X(x)$	เทอมปรับโทษ
X_{id}^t	ตำแหน่งของอนุภาค i ของตัวแปร d ในรอบการคำนวณที่ t
X_{id}^{t+1}	ตำแหน่งของอนุภาค i ของตัวแปร d ในรอบการคำนวณที่ $t+1$
Y_i	ผลรวมของแอมิตแดนซ์ส่วนลงดินทั้งหมดที่โหนด i
$Y_{i,j}$	ขนาดแอมิตแดนซ์บัส i ไปยังบัส j
Z_L	ค่าอิมพีแดนซ์อนุกรมของสายส่งช่วง L
δ	มุมของแรงดันที่บัส
δ_i	มุมแรงดันบัสที่ i
δ_j	มุมแรงดันบัสที่ j
ϵ	ค่าความคลาดเคลื่อนที่พอยอมรับได้
β	มุมเฟส
$\theta_{i,j}$	มุมแอมิตแดนซ์บัส i ไปยังบัส j
DG	Distribution Generator
GA	Genetic Algorithm
Ft	Fuel Adjustment Charge (at the given time)
KCL	Kirchhoff Current Law
KVL	Kirchhoff Voltage Law
PEA	Provincial Electricity Authority
PSO	Particle Swarm Optimization

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

สัญลักษณ์	ความหมาย
p.u.	Per Unit
RBTS	Roy Billinton Test System
TOU	Time of Use
VSPP	Very Small Power Producer



บทที่ 1

บทนำ

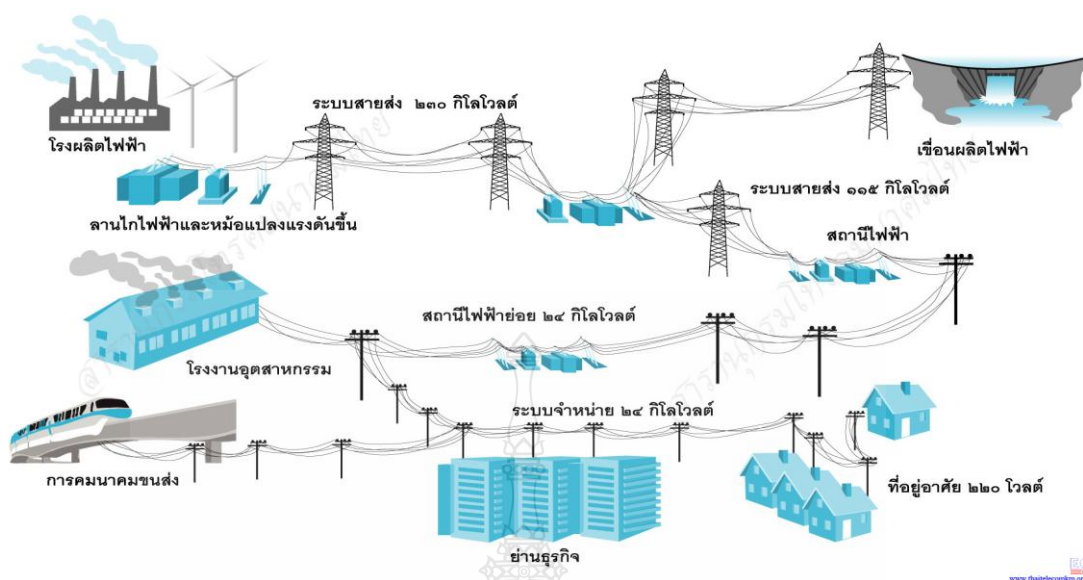
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันระบบการจ่ายกระแสไฟฟ้าในประเทศไทย มีหน่วยงานรัฐวิสาหกิจ 3 แห่งเป็นผู้ดูแลได้แก่ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) ทำหน้าที่ผลิตหรือจัดหาพลังงานไฟฟ้าและส่งจ่ายไปยังการไฟฟ้าจำหน่าย มีการแบ่งพื้นที่ดูแลโดยการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) รับผิดชอบพื้นที่จังหวัดนนทบุรี จังหวัดสมุทรปราการ และกรุงเทพมหานคร ส่วนจังหวัดอื่นๆ นอกเหนือจาก 3 จังหวัดดังกล่าวข้างต้น เป็นพื้นที่ในความดูแลของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) ซึ่งมีภารกิจหลักในการผลิต การส่ง และจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าให้แก่ภาคอุตสาหกรรมและประชาชนทั่วไป ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 510,000 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 99 ของพื้นที่ทั้งประเทศ [1]

ระบบการจ่ายกำลังไฟฟ้า (Distribution System) ของ กฟภ. เริ่มจากการรับกำลังไฟฟ้าจาก กฟผ. ที่ระดับแรงดันสูง 115-230 kV โดยส่วนหนึ่งจัดจำหน่ายไปยังลูกค้าโดยตรงให้แก่ภาคธุรกิจอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ บางส่วนจะแปลงแรงดันโดยผ่านหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง (Power Transformer) ที่สถานีไฟฟ้า (Substation) ปรับลดระดับแรงดันลงเป็นระบบ 22-33 kV ผ่านหม้อแปลงลดระดับแรงดันของ กฟภ. ปรับลดระดับแรงดันเป็น 400/230 V เรียกว่าระบบแรงดันต่ำ จัดจำหน่ายให้แก่ธุรกิจขนาดเล็ก ประชาชน บ้านอยู่อาศัยทั่วไป ไดอะแกรมของระบบไฟฟ้ากำลังแสดงดังภาพที่

1.1





ภาพที่ 1.1 โดอะแกรมของระบบไฟฟ้ากำลัง

ส่วนของระบบการผลิตพลังงานไฟฟ้าสำหรับใช้ภายในประเทศ นอกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้าโดยการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแล้ว รัฐบาลยังมีนโยบายที่จะส่งเสริมให้มีการรับซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชน เพื่อเป็นการแบ่งเบาภาระด้านการลงทุนของรัฐในการสร้างโรงไฟฟ้า และเป็นการเปิดโอกาสให้มีการแข่งขันการผลิตพลังงานไฟฟ้า ซึ่งมีการดำเนินการเรื่อยมาจนถึงปี 2545 ได้มีการส่งเสริมให้การไฟฟ้าจำหน่าย ได้แก่ กฟน. และ กฟภ. สามารถประกาศรับซื้อพลังงานไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก (Very Small Power Producer: VSPP) ที่มีกำลังการผลิตไม่เกิน 1 MW แต่ด้วยข้อจำกัดของกำลังการผลิตที่น้อยมาก ความคุ้มค่าต่อการลงทุนอยู่ในระดับต่ำจำนวน VSPP ในขณะนั้นจึงมีจำนวนน้อยมากเช่นกัน ต่อมาในปี 2549 คณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ (กพช.) ได้ประกาศให้การไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายสามารถขยายกำลังการซื้อไฟฟ้าจาก VSPP ได้ไม่เกิน 10 MW ที่ใช้พลังงานหมุนเวียน และระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม (Cogeneration) อีกทั้งยังกำหนดส่วนเพิ่มราคาซื้อไฟฟ้า (Adder) ให้ตามเทคโนโลยีหรือเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้า ทำให้ปัจจุบันมี VSPP จำนวนมากขอจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าขนานเข้ากับระบบของการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย โดยเฉพาะในพื้นที่รับผิดชอบของ กฟภ. ซึ่งเป็นเขตชนบท มีพลังงานหมุนเวียนจำนวนมากและหลากหลาย เช่น การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นต้น

โดยปกติระบบจำหน่ายไฟฟ้าของ กฟภ. มีระบบการจ่ายไฟฟ้าแบบเรเดียล กระแสไฟฟ้าจะไหลจากแหล่งจ่ายไฟไปยังโหลดในทิศทางเดียว แต่เมื่อมี VSPP ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Distributed

Generator: DG) ต่อเชื่อมและจ่ายไฟฟ้าขนานเข้ากับระบบจำหน่ายไฟฟ้า ทำให้การไหลของกระแสไฟฟ้ามีการเปลี่ยนแปลงไปทั้งขนาดและทิศทาง การเปลี่ยนแปลงการไหลของกระแสไฟฟ้างดงกล่าวนี้ ส่งผลกระทบต่อทางด้านเทคนิคต่างๆ ในระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายไม่น้อย อาทิ กำลังไฟฟ้า (Power) ตัวประกอบกำลัง (Power Factor) แรงดันไฟฟ้ารวมถึงกระแสลัดวงจร (Fault Level) และเมื่อมีผู้สนใจผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากเพิ่มจำนวนมากขึ้นเรื่อยๆ ทำให้เกิดผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายมากขึ้นด้วย ซึ่งจะ ทำให้สูงขึ้นหรือลดลงนั้นขึ้นอยู่กับขนาดและตำแหน่งการติดตั้ง DG ที่จ่ายไฟฟ้าเข้าระบบจำหน่าย รวมถึง ภาวะโหลดในวงจรนั้นๆด้วย โดยการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายจะต้องเป็นผู้ดำเนินการจัดการกับผลกระทบ นี้ ทั้งที่ไม่สามารถกำหนดเจาะจงขนาดและตำแหน่งการติดตั้ง DG ของ VSPP ได้อย่างชัดเจน

อย่างไรก็ตาม ได้มีการออกระเบียบการซื้อไฟฟ้าจาก VSPP เกี่ยวกับหลักการกำหนดอัตรา ค่าไฟฟ้าในการซื้อขายไฟฟ้ากับ VSPP ตอนหนึ่งสรุปความได้ว่า VSPP ที่มีปริมาณพลังงานไฟฟ้า เสนอขายตามสัญญาเกิน 1 MW ณ จุดรับซื้อไฟฟ้า ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่นำมาคำนวณจะถูกหักออก ร้อยละ 2 ของปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ขายให้การไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย เพื่อเป็นค่าดำเนินการ โครงการรับ ซื้อไฟฟ้าจาก VSPP ซึ่งค่าดำเนินการดังกล่าวนี้ ส่วนหนึ่งเป็นการชดเชยกำลังไฟฟ้าสูญเสีย (Loss) นั้นเอง

วิทยานิพนธ์นี้จะเน้นการวิเคราะห์หาตำแหน่งการติดตั้งและขนาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า แบบกระจาย ที่เหมาะสมในระบบจำหน่าย เพื่อช่วยในลดกำลังการสูญเสียในระบบจำหน่ายและความ นำเชื่อถือได้ของระบบมากยิ่งขึ้น ในส่วนของการหาค่าความเหมาะสมใช้วิธีกลุ่มอนุภาค ขณะที่ความ สูญเสียของระบบและแรงดันที่จุดโหลดคำนวณได้จากการไหลของกำลังไฟฟ้าในระบบจำหน่ายแบบ กระแสย้อนกลับและแรงดันไปข้างหน้า โดยพิจารณาถึงการทำงานของบัสที่ถูกติดตั้งเข้าไปแล้วระบบ มีการจ่ายพลังงานไฟฟ้าที่เพียงพอหรือไม่ ถ้าติดตั้งเข้าไปแล้วการจ่ายพลังงานไฟฟ้าที่บัสนั้นไม่ เพียงพอ ก็จะต้องทำการชดเชยกำลังไฟฟ้าเข้าสู่ระบบ เพื่อเพิ่มคุณภาพและเสถียรภาพของระบบ ไฟฟ้าให้ดียิ่งขึ้น ในส่วนการวิเคราะห์แบบจำลองของระบบจำหน่าย ซึ่งกระทำด้วยโปรแกรม คอมพิวเตอร์เพื่อหาตำแหน่งที่เหมาะสม โดยการวิเคราะห์ใช้แบบจำลองของระบบจำหน่ายแบบ เรเดียล 26 บัส 50 บัส และ 59 บัส ซึ่งดัดแปลงมาจากส่วนหนึ่งในระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วน ภูมิภาค เขต 1 ภาคกลาง [2] เป็นประเด็นที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์นี้

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์

1.2.1 เพื่อลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียและเพิ่มความน่าเชื่อถือของระบบจำหน่ายโดยวิธีกลุ่มอนุภาคในการแก้ปัญหาคำตอบที่ดีที่สุด

1.2.2 เพื่อศึกษาหาตำแหน่งและขนาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายที่เหมาะสมในระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยใช้วิธีกลุ่มอนุภาค

1.2.3 เพื่อศึกษาการเปรียบเทียบการจำลองการตำแหน่งติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายโดยวิธีกลุ่มอนุภาคกับวิธีขั้นตอนทางพันธุศาสตร์

1.3 สมมุติฐานของวิทยานิพนธ์

การศึกษาค้นหาตำแหน่งและขนาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายที่เหมาะสมในระบบจำหน่ายโดยใช้วิธีกลุ่มอนุภาค เป็นการศึกษาที่ช่วยให้มีการวางแผนเพื่อรักษาเสถียรภาพของระบบไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

1.4 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์

1.4.1 วิเคราะห์ผลกระทบกำลังไฟฟ้าสูญเสียก่อนและหลังติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายเข้ากับระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

1.4.2 วิเคราะห์ตำแหน่งและขนาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายที่เหมาะสมของระบบจำหน่าย 26 บัส 50 บัส และ 59 บัส ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเขต 1 ภาคกลางโดยใช้วิธีกลุ่มอนุภาค

1.4.3 เปรียบเทียบผลการจำลองการตำแหน่งติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายโดยวิธีกลุ่มอนุภาคกับวิธีขั้นตอนทางพันธุศาสตร์

1.5 ขั้นตอนการทำวิทยานิพนธ์

ทำการศึกษาข้อมูลเพื่อนำมาวิเคราะห์แบบจำลองระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเขต 1 ภาคกลาง เพื่อหาตำแหน่งและขนาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายที่เหมาะสมโดยใช้วิธีกลุ่มอนุภาคและหลังจากที่ทำการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายเข้าไปในระบบจำหน่ายแล้วโดยจะมีขั้นตอนในการศึกษาดังต่อไปนี้

1.5.1 ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยค้นคว้าจากตำราและบทความทางวิชาการต่าง

1.5.2 ศึกษาวิธีกลุ่มอนุภาคในการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด

1.5.3 ศึกษาและรวบรวมข้อมูลของระบบจำหน่าย 22 kV ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

1.5.4 สร้างแบบจำลองระบบจำหน่าย 22 kV

1.5.5 ออกแบบอัลกอริทึม รับข้อมูลในระบบจำหน่ายมาวิเคราะห์โดยใช้วิธีกลุ่มอนุภาคในการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดโดยใช้โปรแกรม MATLAB ในการออกแบบอัลกอริทึม

1.5.6 วิเคราะห์แบบจำลองระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เขต 1 ภาคกลาง ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อหาคำแนะนำและขนาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายที่เหมาะสมในระบบจำหน่าย

1.5.7 วิเคราะห์กำลังไฟฟ้าสูญเสียเมื่อติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายเข้ากับระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เขต 1 ภาคกลาง

1.5.8 วิเคราะห์ผลการทดลองและอภิปรายผลการวิจัย

1.5.9 จัดทำรายงานการวิจัยและสรุปผลการดำเนินงาน

1.6 ข้อจำกัดของวิทยานิพนธ์

1.6.1 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายที่ใช้ศึกษานี้มีขนาดไม่เกิน 10 MW

1.6.2 ระบบจำหน่ายใช้ระบบจำหน่ายที่ระดับแรงดันไฟฟ้า 22 kV

1.6.3 การวิเคราะห์กำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบจำหน่ายก่อนและหลังติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจาย

1.6.4 การศึกษาใช้โปรแกรมช่วยในการวิเคราะห์เพื่อศึกษาในเรื่องกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบจำหน่ายก่อนและหลังมีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายเชื่อมต่อเข้ามาในระบบจำหน่าย ในงานวิจัยนี้ใช้โปรแกรม MATLAB

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.7.1 เพื่อให้ทราบถึงการหาคำแนะนำและขนาดการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายที่เหมาะสมเข้ากับระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

1.7.2 เพื่อให้เข้าใจถึงการวิเคราะห์และการแก้ปัญหาด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อการกำหนดตำแหน่งการติดตั้งและขนาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายที่เหมาะสมเข้ากับระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคโดยใช้วิธีกลุ่มอนุภาค

1.7.3 เพื่อให้การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค สามารถนำผลการวิจัยนี้ ไปปรับใช้ในการพิจารณา VSPP ที่จะเชื่อมเข้าระบบจำหน่ายต่อไป

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีและงานวิจัยที่มีผู้ทำการวิจัยไว้แล้ว และมีเนื้อหาที่เกี่ยวข้อง สอดคล้องกับงานวิจัยที่กำลังศึกษาอยู่ทั้งในส่วนที่เป็นงานวิจัยขององค์กรต่างๆ และผลงานวิจัยระดับ บัณฑิตศึกษาจากสถาบันต่างๆ ที่ได้ดำเนินการไปแล้ว เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาปรับปรุง พัฒนาการดำเนินการวิจัยให้เกิดประสิทธิภาพ โดยมีส่วนประกอบต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยใน ลำดับต่อไปนี้

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กนกวรรณ กลิ่นเอี่ยม [3] ได้นำเสนองานวิจัยเรื่อง การหาตำแหน่งการติดตั้งสวิตซ์ตัดตอน ที่เหมาะสมในระบบจำหน่ายแบบเรเดียลโดยวิธีเชิงพันธุกรรม ซึ่งมาจากปัญหาการขาดความ น่าเชื่อถือกำลังไฟฟ้าในระบบจำหน่าย การแก้ปัญหาโดยการติดตั้งสวิตซ์ตัดตอนโดยวิธีเชิงพันธุกรรม จะช่วยปรับปรุงความน่าเชื่อถือได้ในระบบจำหน่าย โดยสวิตซ์ตัดตอนเป็นอุปกรณ์ที่จะช่วยแยกส่วน ที่เกิดฟอลต์ (Fault) ออกจากระบบ ดังนั้นในส่วนที่เป็นปกติไม่ได้เกิดความผิดปกติยังคงสามารถ ได้รับความจ่ายไฟฟ้า ทำให้สามารถจ่ายไฟฟ้าให้กับทุกๆ จุดโหลดที่อยู่ระหว่างแหล่งจ่ายและจุดที่จุดที่ ถูกแยกออกก่อนที่ขั้นตอนการซ่อมของอุปกรณ์ที่เกิดความผิดปกติจะเสร็จสิ้น การหาตำแหน่งที่ เหมาะสมของสวิตซ์ตัดตอนสามารถถูกสร้างเป็นปัญหาการหาค่าความเหมาะสมเชิงจัดหมู่ คำตอบ ของปัญหาดังกล่าวอ้างอิงกับวิธีเชิงพันธุกรรมและการวิเคราะห์ราคาความเชื่อถือได้ วิธีเชิงพันธุกรรม คือ เทคนิคการค้นหาแบบสุ่มที่อ้างอิงกับหลักการเชิงพันธุกรรมและการเลือกตามธรรมชาติ ขั้นตอน ดังกล่าวทำให้ประชากรซึ่งประกอบหลายๆ โครโมโซมเกิดการวิวัฒนาการโดยตัวดำเนินการพื้นฐาน สามตัว ตัวดำเนินการดังกล่าวคือ การสลับสายพันธุ การสืบสายพันธุ และการกลายพันธุ ขั้นตอนการ คำนวณ การไหลของกำลังไฟฟ้าในระบบจำหน่ายที่อ้างอิงกับเมตริกสามเหลี่ยมบนแบบสปาร์ทคงที่ นำมาใช้ในการคำนวณกระแสในสายและแรงดันที่จุดโหลด เพื่อนำมาใช้ในการทำโทมโโครโมโซมที่ ละเมิดขีดจำกัดของกระแสในสายและแรงดันจุดโหลดในปัญหาค่าความเหมาะสม สามารถหา ตำแหน่งที่เหมาะสมสวิตซ์ตัดตอนการวิเคราะห์วิธีการเชิงพันธุกรรมและค่าความเชื่อถือได้ โดยมิ ความสมดุลกันระหว่างค่าใช้จ่ายของการไฟฟ้าและค่าความเสียหายของผู้ใช้ไฟฟ้า วิธีการนำเสนอทำ การทดสอบกับระบบจำหน่าย RBTS ซึ่งประกอบไปด้วย 4 สายป้อน 22 จุดโหลด และ ระบบจำหน่าย ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคซึ่งประกอบสายป้อน 2 สายป้อน 26 จุดโหลด ซึ่งผลทดสอบการคำนวณ

แสดงให้เห็นว่าการติดตั้งสวิตช์ตัดตอนสามารถนำไปใช้เพิ่มความเชื่อถือได้ในระบบจำหน่าย ข้อสังเกตงานวิจัยนี้คือ ต้องพิจารณาดำเนินการติดตั้งสวิตช์ตัดตอนร่วมกับอุปกรณ์ป้องกันอื่นให้ทำงานร่วมกันได้ เช่น เซอร์กิตเบรกเกอร์ รีโคลสเซอร์ ต้องคำนึงถึงแบบแผนการประหยัดฟิวส์คือ ต้องให้ เซอร์กิตเบรกเกอร์ทำงานก่อนเมื่อเกิดความผิดปกติและต้องนำความผิดปกติแบบชั่วขณะมาพิจารณาร่วมกับความผิดปกติแบบถาวรด้วย

ยุทธนา เอี่ยมสมบูรณ์ [4] ได้นำเสนองานวิจัย เรื่อง การหาดำเนินการติดตั้งและขนาดของ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายที่เหมาะสม เพื่อลดกำลังสูญเสียและเพิ่มความน่าเชื่อถือได้ในระบบจำหน่ายโดยวิธีค้นหาแบบตาบ ซึ่งมาจากปัญหาการขาดความน่าเชื่อถือกำลังไฟฟ้า ประโยชน์การติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายในระบบจำหน่ายคือ การลดลงของกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบให้ดีขึ้น หากดำเนินการติดตั้งและขนาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายได้รับการพิจารณาที่เหมาะสม ปัญหาหลักของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กคือ การหาดำเนินการและขนาดที่เหมาะสมในระบบจำหน่าย เพื่อที่จะลดกำลังสูญเสียและค่าความเสียหายอันเนื่องมาจากของผู้ใช้ไฟฟ้า ขึ้นอยู่กับ ตำแหน่ง จำนวนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจาย ขนาดกำลังผลิตโดยรวมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจาย แรงดันที่บัส ความสามารถในการรองรับกระแสของสายป้อน และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายหนึ่งเครื่องสำหรับหนึ่งตำแหน่งติดตั้ง เทคนิคที่ใช้ในการแก้ปัญหาการทำให้ค่าความสูญเสียมีค่าต่ำสุดคือ การค้นหาแบบตาบ การค้นหาแบบนี้เป็นการค้นหาเฉพาะที่ใช้หน่วยความจำเพื่อหลีกเลี่ยงคำตอบข้างเคียงเฉพาะที่ และช่วยให้เคลื่อนที่ออกจากจุดเหมาะสมเฉพาะที่ การแก้ปัญหาดังกล่าวลดค่าความเสียหายอันเนื่องมาจากไฟฟ้าดับของผู้ใช้ไฟให้มีค่าต่ำสุด และใช้วิธีการค้นหาแบบตาบร่วมกับการวิเคราะห์ค่าความเชื่อถือได้ที่ใช้เป็นตัววัดค่าความเสียหายที่เกี่ยวข้องกับไฟฟ้าดับ วิธีการนี้ได้ทำการทดสอบกับระบบจำหน่ายของระบบทดสอบ RBTS บัส 2 ประกอบด้วย 36 สายป้อน 22 จุดโหลด และระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค KWA01 ประกอบด้วย 9 สายป้อน 6 จุดโหลด และ KWA06 ประกอบด้วย 28 สายป้อน 20 จุดโหลด เป็นของสถานีไฟฟ้าคลองขวาง จังหวัดฉะเชิงเทรา ซึ่งผลทดสอบการคำนวณแสดงให้เห็นว่าการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายสามารถนำไปใช้เพิ่มความเชื่อถือได้ในระบบจำหน่าย ข้อสังเกตในงานวิจัยนี้คือ ผลกระทบของลำดับการทำงานร่วมกันของอุปกรณ์ป้องกันที่ทำงานไม่ได้ตามเงื่อนไขเดิม หลังจากมีการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายเข้าไป

นัฐโชติ รักไทยเจริญ [5] ได้นำเสนองานวิจัย เรื่อง แบบจำลองการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจาย เพื่อลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบจำหน่ายกล่าวถึงนี้ การวิเคราะห์ผลกระทบของการขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กเข้าสู่ระบบจำหน่าย ดังนี้

1) ด้านกำลังไฟฟ้าสูญเสีย การติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายสามารถช่วยจ่ายกำลังไฟฟ้าในระบบจำหน่ายทำให้ระบบจำหน่ายรับกำลังไฟฟ้าจากระบบส่งลดลง และทำหน้าที่จ่ายโหลดหรือผู้ใช้ไฟในช่วงโหลดสูงสุด ทำให้ช่วยลดการผลิตกำลังไฟฟ้าจากระบบผลิตได้อีกด้วย จากเหตุผลดังกล่าวยังให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบจำหน่ายลดลง ถ้าติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีขนาดเกินกว่าโหลด หรือไม่เหมาะสมในทางปฏิบัติยังผลให้ค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียเพิ่มสูงขึ้นตามลำดับ

2) ด้านแรงดันไฟฟ้า การติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายเข้ามาในระบบจำหน่ายมีผลดีต่อระดับแรงดันไฟฟ้าในระบบจำหน่ายในเรื่องของการรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าต่ำเกินกว่าที่กำหนด แต่ในบางครั้งก็จะส่งผลให้แรงดันสูงเกินในระบบจำหน่ายได้ถ้าขนาดของกำลังไฟฟ้าที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจาย จ่ายออกมามากกว่าโหลดที่ต่ออยู่ในระบบจำหน่าย สามารถคำนวณแรงดันไฟฟ้าสูงเกินที่เกิดขึ้นจาก เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจาย

3) ด้านการจ่ายโหลดอย่างเหมาะสม การพิจารณาด้านการจ่ายโหลดอย่างเหมาะสมของการเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ติดตั้งอยู่ ระบบผลิตกำลังไฟฟ้า และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายที่ติดตั้งในระบบจำหน่าย ทำให้กำลังไฟฟ้าที่ไหลไปยังโหลดผ่านสายส่งและสายจำหน่ายมีกำลังไฟฟ้าสูญเสียลดลง และทำให้แรงดันเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ทำให้เศรษฐศาสตร์ในระบบไฟฟ้ากำลังดี ขึ้นด้วย กล่าวคือทำให้สามารถจ่ายไฟฟ้าได้แบบประหยัด รวมถึงการส่งจ่ายไฟฟ้าได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม ข้อสังเกตบทความนี้คือ ยังใช้แบบจำลองที่มีจำนวนบัสที่น้อย เป็นระบบจำหน่ายขนาดเล็กๆ

Wichit Krueasuk และ Weerakorn Ongsakul [6] ได้นำเสนองานวิจัย เรื่อง Optimal Placement of Distributed Generation Using Particle Swarm Optimization บทความนี้กล่าวถึงวิธีการคำนวณหาค่าตอบการหาตำแหน่งและขนาดกำลังผลิตที่เหมาะสมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า แบบกระจาย โดยวิธีการเคลื่อนตัวของอนุภาคที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งวัตถุประสงค์ของการหาค่าตอบในที่นี้เพื่อลดกำลังจริงสูญเสียในระบบจำหน่ายให้มีค่าต่ำสุด วิธีการเคลื่อนตัวของอนุภาคนี้ถูกพัฒนา โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อหาค่าตอบตำแหน่งและขนาดกำลังการผลิตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายที่มีจำนวนมากกว่าหนึ่งเครื่องและสี่แบบ ซึ่งแต่ละครั้งในการคำนวณจะต้องพิจารณาการไหลของกำลังไฟฟ้าในระบบจำหน่ายเพื่อหาค่ากำลังจริงสูญเสีย การทดสอบได้มีการเปรียบเทียบระหว่างวิธีการเคลื่อนตัวของอนุภาคกับวิธีการคัดเลือกพันธุกรรมซึ่งได้คำนวณกับระบบไฟฟ้ามาตรฐาน 33 บัส และ 69 บัส ของ IEEE จากผลการทดสอบวิธีการเคลื่อนตัวของอนุภาคที่นำเสนอพบว่า การหาตำแหน่งและขนาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายหลายเครื่อง ได้คำตอบที่มีกำลังจริงสูญเสียในระบบไฟฟ้ามาตรฐานได้ต่ำสุดแต่ละแบบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจาย ในขณะที่แรงดันไฟฟ้าที่บัสต่างๆ ถูกปรับปรุงให้ดีขึ้น โดยมีค่าแรงดันตกลดน้อยลงอย่างเห็นได้ชัด นอกจากนี้กระแสไฟฟ้าที่

ไหลในตัวนำของสายป้อนแต่ละส่วนยังมีค่าลดลงด้วย ข้อสังเกตบทความนี้คือยังไม่ได้นำไปใช้กับแบบจำลองจริงในระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

จากงานวิจัยที่ได้ศึกษาผู้ทำวิทยานิพนธ์ได้สังเกตเห็นถึงความสำคัญของระบบจำหน่ายไฟฟ้าแบบเรเดียล ว่าระบบจำหน่ายไฟฟ้างดงกล่าวนั้นมีความสำคัญต่อผู้ใช้ไฟมาก เนื่องจากเป็นระบบที่อยู่ใกล้กับผู้ใช้ไฟมากที่สุด เป็นระบบที่เชื่อมต่อระหว่างระบบส่งจ่ายไฟฟ้ากับผู้ใช้ไฟถือว่าเป็นระบบที่มีความสำคัญอย่างยิ่งส่งผลกระทบต่อผู้ใช้ไฟโดยตรง จึงมีความสนใจศึกษาการวิเคราะห์หาตำแหน่งและขนาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายที่เหมาะสมในระบบจำหน่ายโดยวิธีการเคลื่อนตัวของกลุ่มอนุภาค ทำให้ระบบมีความน่าเชื่อถือเพิ่มขึ้น ส่งผลให้มีคุณภาพกำลังไฟฟ้าและเสถียรภาพกำลังไฟฟ้าของระบบระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่ดี ให้ผู้ใช้ไฟได้ใช้ไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพตรงตามความต้องการ

2.2 ระเบียบและหลักเกณฑ์

2.2.1 ระเบียบการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายว่าด้วยการเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนานกับระบบของการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย (VSPP) [1]

เป็นระเบียบว่าด้วยการเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนานกับระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย สำหรับปริมาณพลังงานไฟฟ้าไม่เกิน 10 MW โดยเริ่มใช้ระเบียบนี้ตั้งแต่เดือนธันวาคม 2549 เป็นต้นไป มีประเด็นสำคัญพอสังเขป ดังนี้

- 1) ปริมาณพลังไฟฟ้าของ VSPP ที่จะจ่ายเข้ากับระบบสำหรับ กฟภ. กำหนด ปริมาณพลังไฟฟ้า ตามระดับแรงดัน คือ ระบบ 22 kV ไม่เกิน 10 MW/ ผู้ได้รับ
- 2) ปริมาณพลังไฟฟ้าจ่ายเข้าระบบ 66 kVA จะเชื่อมโยงกับระบบ ณ ระดับแรงดัน 22-33 kV ปริมาณพลังไฟฟ้าจ่ายเข้าระบบไม่เกิน 66kVA จะเชื่อมโยงระบบ ณ ระดับแรงดันที่ กฟภ. พิจารณา โดย กฟภ. สามารถขยายปริมาณพลังไฟฟ้าที่ผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก ทำการเชื่อมโยงระบบไฟฟ้า ได้ตามความเหมาะสมของระบบในแต่ละพื้นที่ โดยจะพิจารณาถึงความปลอดภัยมาตรฐานทางด้านบริการ และผลประโยชน์ต่อส่วนรวมเป็นหลัก
- 3) กำหนดให้จุดติดตั้งเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าเป็นจุดแบ่งความรับผิดชอบระหว่างการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายกับผู้ให้สัญญา
- 4) มาตรฐานระดับแรงดันสูงสุดและต่ำสุดของ กฟภ. ที่สภาวะปกติอยู่ที่ $\pm 5\%$ ของแรงดันปกติและในสภาวะไม่ปกติยอมรับได้ถึง $\pm 10\%$ ของแรงดันปกติ
- 5) รักษาความถี่ไฟฟ้าให้อยู่ในระดับ 50 ± 0.5 รอบต่อวินาที

6) รักษาค่า Power Factor อยู่ในช่วง 0.85 Lagging

7) ค่าปริมาณความผิดพลาดที่อนุญาตของแรงดันและกระแสไฟฟ้าในระบบของการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายวัดที่จุดต่อร่วม จะต้องไม่เกินค่าที่กำหนดตามข้อกำหนดเกณฑ์ฮาร์มอนิกเกี่ยวกับไฟฟ้าประเภทธุรกิจและอุตสาหกรรม

8) ต้องติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันที่มีมาตรฐานและมีจำนวนชนิดที่การไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายยอมรับ

นอกจากที่ได้กล่าวไปแล้ว ยังมีข้อกำหนดอีกหลายประการที่เป็นลักษณะของระเบียบทั่วไป ซึ่งไม่มีความเกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้โดยตรง จึงไม่ขอกล่าวไว้ ณ ที่นี้

2.2.2 ระเบียบการรับซื้อไฟฟ้าจาก VSPP (สำหรับการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน)

ได้กำหนดคำนิยามของ “พลังงานหมุนเวียน” ว่า หมายถึง พลังงานที่มีอยู่ในธรรมชาติ เมื่อใช้หมดไปแล้วสามารถผลิตทดแทนได้ใหม่ในระยะเวลาอันสั้น เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังน้ำ พลังงานคลื่นทะเลหรือมหาสมุทร พลังงานความร้อนใต้พิภพ พลังงานชีวมวล พลังงานก๊าซชีวภาพ รวมถึงพลังงานขั้นที่สองที่ผลิตจากพลังงานหมุนเวียนตามที่กล่าวมา เช่น เชื้อเพลิงจากพืช (Biofuel) เซลล์เชื้อเพลิง เป็นต้น ไม่รวมถึงพลังงานสิ้นเปลืองที่ใช้แล้วหมดไปหรือแหล่งทรัพยากรมีจำกัด เช่น พลังงานที่ได้จากถ่านหิน หินน้ำมัน ทรายน้ำมัน น้ำมันดิบ น้ำมันเชื้อเพลิง ก๊าซธรรมชาติ และนิวเคลียร์ เป็นต้น

1) วัตถุประสงค์ของการรับซื้อไฟฟ้าจาก VSPP

1. เพื่อส่งเสริมให้ผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากเข้ามามีส่วนร่วมในการผลิตไฟฟ้า
2. เพื่อส่งเสริมให้มีการใช้ทรัพยากรภายในประเทศอย่างมีประสิทธิภาพ ลดการพึ่งพาการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานเชิงพาณิชย์ ซึ่งเป็นการลดค่าใช้จ่ายการนำเข้าเชื้อเพลิงจากต่างประเทศ และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม
3. เพื่อเป็นการกระจายโอกาสไปยังพื้นที่ห่างไกลให้มีส่วนร่วมในการผลิตไฟฟ้า
4. เพื่อช่วยแบ่งเบาภาระทางด้านการลงทุนของรัฐในระบบการผลิตและจำหน่ายไฟฟ้า

2) ลักษณะกระบวนการผลิตไฟฟ้าของ VSPP

การไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายจะรับซื้อไฟฟ้าจาก VSPP ที่ผลิตไฟฟ้าตามลักษณะกระบวนการผลิตดังต่อไปนี้

1. การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน (Renewable Energy) เช่น พลังลม พลังแสงอาทิตย์ พลังน้ำขนาดเล็ก (Mini Hydroelectricity) พลังน้ำขนาดเล็กมาก (Micro Hydroelectricity) พลังคลื่นทะเลหรือมหาสมุทร พลังความร้อนใต้พิภพ และก๊าซชีวภาพ เป็นต้น

2. การผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงที่เป็นเศษวัสดุเหลือใช้หรือที่แปรรูปมาจากกากหรือเศษวัสดุจากการผลิตผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมหรือการเกษตร ขยะมูลฝอย ไม่จากการปลูกป่าเป็นเชื้อเพลิง ทั้งนี้อาจใช้พลังงานสิ้นเปลืองที่ใช้แล้วหมดไปหรือแหล่งทรัพยากรมีจำกัด แต่พลังงานความร้อนที่ได้จากการใช้เชื้อเพลิงเสริมในแต่ละรอบปี ต้องไม่เกินร้อยละ 25 ของพลังงานความร้อนทั้งหมดที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าในรอบปีนั้นๆ

3. การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานที่ได้มาจากกระบวนการผลิต การใช้ หรือการขนส่ง พลังงานที่เหลือทิ้ง เช่น พลังงานไอน้ำที่เหลือจากกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม หรือการเกษตร พลังงานสูญเสียจากไอเสียเครื่องยนต์ พลังงานที่เป็นผลพลอยได้ เช่น พลังงานกล ซึ่งเป็นผลพลอยได้ จากการปรับลดความดันของก๊าซธรรมชาติ ทั้งนี้ ไม่รวมถึงการใช้พลังงานสิ้นเปลือง ที่ใช้แล้วหมดไปมาผลิตไฟฟ้าโดยตรง

3) ค่าใช้จ่ายของ VSPP

ค่าใช้จ่ายที่ VSPP จะต้องรับภาระในการเชื่อมโยงระบบไฟฟ้าได้แก่ ค่าจำหน่ายไฟฟ้า จากจุดเชื่อมโยงระบบไฟฟ้าถึงโรงไฟฟ้าของ VSPP ค่ามาตรวัดไฟฟ้า ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับระบบป้องกัน ไฟฟ้าและค่าทดสอบอุปกรณ์ป้องกัน ยกเว้นกรณีที่อุปกรณ์ของผู้ผลิตไฟฟ้ามีระบบป้องกันรวมอยู่ แล้ว ทั้งนี้ จะไม่คิดค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบแบบเพื่อการขานานเครื่องสำหรับผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก มากที่เชื่อมโยงกับระบบแรงดันต่ำ โดยจะต้องชำระค่าใช้จ่ายดังกล่าวให้เสร็จสิ้นก่อนที่การไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายจะเริ่มดำเนินการเชื่อมโยงระบบไฟฟ้า

หลักการคิดค่าพลังงานไฟฟ้าในการซื้อขายไฟฟาระหว่าง การไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย กับ VSPP มีรายละเอียดการพิจารณา ดังนี้

1. การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานที่ได้มาจากกระบวนการผลิต อัตราค่าพลังงานไฟฟ้าที่การไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายขายให้ VSPP เท่ากับอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าขายปลีกตาม โครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้าขายปลีก ตามประเภทการใช้ไฟฟ้าของ VSPP รวมกับค่าไฟฟ้าผันแปร (Fuel Adjustment Charge (At The Given Time): Ft) ขายปลีก ในเดือนนั้นๆ ในส่วนของค่าไฟฟ้าส่วนอื่นๆ ที่นอกเหนือจากค่าพลังงานไฟฟ้า VSPP ยังคงต้องจ่ายตามประเภทการใช้ไฟฟ้านั้นๆ ตามเดิม

2. VSPP ที่มีปริมาณกำลังไฟฟ้าขายเข้าระบบไม่เกิน 6 MW การไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายจะแบ่งการรับซื้อพลังงานไฟฟ้าในแต่ละเดือนออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

3. ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ VSPP ขายให้การไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายน้อยกว่า หรือ เท่ากับ ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่การไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายขายให้ VSPP ในแต่ละเดือน การไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายจะรับซื้อพลังงานไฟฟ้าในส่วนนี้ เท่ากับค่าพลังงานไฟฟ้าตามโครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้าขายปลีกหรือค่า

พลังงานไฟฟ้าขายปลีกเฉลี่ย ที่การไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายขายให้ VSPP รายนั้นๆ ในเดือนนั้นๆ รวมกับค่า Ft ขายปลีก

4. ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ VSPP ขายให้การไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายมากกว่าปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่การไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายขายให้ VSPP ในแต่ละเดือน การไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายจะรับซื้อพลังงานไฟฟ้าส่วนที่เท่ากับปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่การไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายขายให้ VSPP ในแต่ละเดือน ด้วยราคาพลังงานไฟฟ้าตาม โครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้าขายปลีกหรือค่าพลังงานไฟฟ้าขายปลีกเฉลี่ย ที่การไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายขายให้ VSPP รายนั้นๆ ในเดือนนั้นๆ รวมกับค่า Ft ขายปลีก

พลังงานไฟฟ้าส่วนที่ VSPP ขายเกินกว่าที่การไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายขายให้ VSPP กำหนดราคาซื้อเป็น 2 กรณี คือ กรณีเป็นผู้ใช้ไฟอัตราปกติ อัตราค่าพลังงานไฟฟ้าที่ขายจะเท่ากับอัตราค่าไฟฟ้าขายส่งเฉลี่ยทุกระดับแรงดัน ที่การไฟฟ้าผลิตแห่งประเทศไทยขายให้การไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย รวมกับค่า Ft ขายส่งเฉลี่ย กรณีเป็นผู้ใช้ไฟอัตรา TOU อัตราค่าพลังงานไฟฟ้าที่ขายจะเท่ากับอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าขายส่ง ณ ระดับแรงดัน 11-33 kV ที่การไฟฟ้าผลิตแห่งประเทศไทยขายให้การไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย รวมกับค่า Ft ขายส่งเฉลี่ย

1. VSPP ที่มีปริมาณกำลังไฟฟ้าขายเข้าระบบเกินกว่า 6 MW การไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายจะรับซื้อพลังงานไฟฟ้าในอัตราค่าไฟฟ้า ดังนี้

2. กรณีเป็นผู้ใช้ไฟอัตราปกติ อัตราค่าพลังงานไฟฟ้าที่ขายจะเท่ากับอัตราค่าไฟฟ้าขายส่งเฉลี่ยทุกระดับแรงดัน ที่การไฟฟ้าผลิตแห่งประเทศไทยขายให้การไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายรวมกับ Ft ขายส่งเฉลี่ย

3. กรณีเป็นผู้ใช้ไฟอัตรา TOU อัตราค่าพลังงานไฟฟ้าที่ขายจะเท่ากับอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าขายส่ง ณ ระดับแรงดัน 11-33 kV ที่การไฟฟ้าผลิตแห่งประเทศไทยขายให้การไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย รวมกับค่า Ft ขายส่งเฉลี่ย

4. VSPP ที่มีปริมาณพลังงานไฟฟ้าเสนอขายตามสัญญาเกิน 1 MW ณ จุดรับซื้อไฟฟ้า ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่นำมาคำนวณจะถูกหักออกร้อยละ 2 ของปริมาณพลังงานไฟฟ้าส่วนที่ VSPP ขายเกินกว่าที่การไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายขายให้ VSPP เพื่อเป็นค่าดำเนินการ โครงการรับซื้อไฟฟ้าจาก VSPP

2.2.3 ระเบียบการรับซื้อไฟฟ้าจาก VSPP (สำหรับการผลิตไฟฟ้าด้วยระบบ Cogeneration)

1) วัตถุประสงค์ของการรับซื้อไฟฟ้าจาก VSPP

1. เพื่อส่งเสริมให้ผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากเข้ามามีส่วนร่วมในการผลิตไฟฟ้า

2. เพื่อส่งเสริมให้มีการใช้ทรัพยากรภายในประเทศอย่างมีประสิทธิภาพ ลดการพึ่งพาการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานเชิงพาณิชย์ ซึ่งเป็นการลดค่าใช้จ่ายการนำเข้าเชื้อเพลิงจากต่างประเทศ และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

3. เพื่อส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพมีการใช้พลังงานให้เกิดประโยชน์สูงสุด

4. เพื่อเป็นการกระจายโอกาสไปยังพื้นที่ห่างไกลให้มีส่วนร่วมในการผลิตไฟฟ้า

5. เพื่อช่วยแบ่งเบาภาระทางด้านการลงทุนของรัฐในระบบการผลิตและจำหน่ายไฟฟ้า

2) ลักษณะกระบวนการผลิตไฟฟ้าของ VSPP

1. การไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายจะรับซื้อไฟฟ้าจาก VSPP ที่ผลิตไฟฟ้าด้วยระบบผลิตพลังงานความร้อนและไฟฟ้าร่วมกัน (Cogeneration หรือ Combined Heat and Power : CHP) โดยใช้เชื้อเพลิงที่เป็นพลังงานสิ้นเปลืองที่ใช้แล้วหมดไป ซึ่งมีข้อกำหนดในกระบวนการผลิตดังนี้

2. เป็นการใช้พลังงานอย่างต่อเนื่อง โดยการนำพลังงานความร้อนที่เหลือจากการผลิตไฟฟ้าไปใช้ในกระบวนการอุตสาหกรรม (Thermal Processes) เรียกว่า Topping Cycle หรือ ในทางตรงข้าม โดยการนำพลังงานความร้อนที่เหลือจากกระบวนการอุตสาหกรรมไปใช้ในการผลิตไฟฟ้า ซึ่งเรียกว่า Bottoming Cycle

3. ผู้ผลิตไฟฟ้าจะต้องผลิตไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีสัดส่วนการประหยัดเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้า (Primary Energy Saving) ไม่น้อยกว่าร้อยละ 10 ในแต่ละปี

3) ค่าใช้จ่ายของ VSPP

ค่าใช้จ่ายที่ VSPP จะต้องรับภาระในการเชื่อมโยงระบบไฟฟ้า ได้แก่ ค่าระบบจำหน่ายไฟฟ้าจากจุดเชื่อมโยงระบบไฟฟ้าถึงโรงไฟฟ้าของ VSPP ค่ามาตรวัดไฟฟ้า ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับระบบป้องกันไฟฟ้าและค่าทดสอบอุปกรณ์ป้องกัน ยกเว้นกรณีที่อุปกรณ์ของผู้ผลิตไฟฟ้ามีระบบป้องกันรวมอยู่แล้ว ทั้งนี้ จะไม่คิดค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบแบบเพื่อการขนานเครื่องสำหรับผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากที่เชื่อมโยงกับระบบแรงดันต่ำ โดยจะต้องชำระค่าใช้จ่ายดังกล่าวให้เสร็จสิ้นก่อนที่การไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายจะเริ่มดำเนินการเชื่อมโยงระบบไฟฟ้า

หลักการคิดค่าพลังงานไฟฟ้าในการซื้อขายไฟฟาระหว่าง การไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย กับ VSPP มีรายละเอียดการพิจารณา ดังนี้

4) การไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายจะรับซื้อพลังงานไฟฟ้า เท่ากับค่าไฟฟ้าตามโครงสร้างค่าไฟฟ้าขายส่ง ณ ระดับแรงดันที่ VSPP ทำการเชื่อมโยงระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายรวมกับค่า Ft ขายส่งเฉลี่ย

5) ผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากที่มีปริมาณพลังไฟฟ้าเสนอขายตามสัญญาเกิน 1 เมกะวัตต์ ณ จุดรับซื้อพลังงานไฟฟ้า ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่นำมาคำนวณ จะถูกหักออกร้อยละ 2 ของปริมาณพลังงาน ไฟฟ้าที่ขายให้การไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย เพื่อเป็นการดำเนินการ โครงการรับซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก

2.3 ระบบจำหน่ายกำลังไฟฟ้า (Distribution Systems)

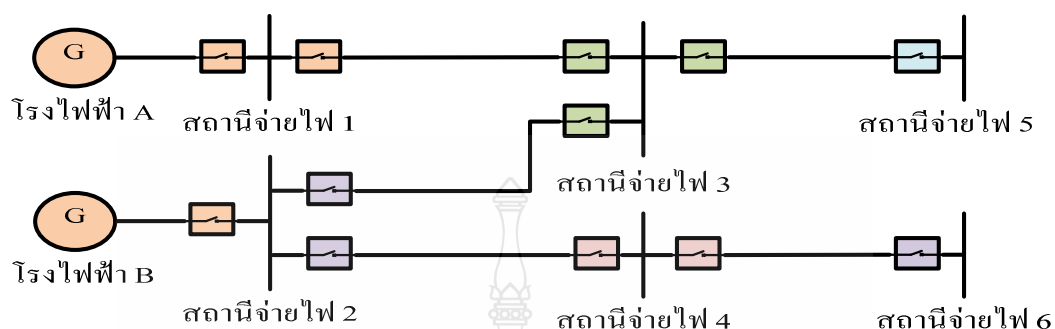
ระบบจำหน่ายกำลังไฟฟ้า [7] เป็นระบบที่รับพลังงานไฟฟ้าที่ถูกสร้างมาจากระบบผลิตกำลังไฟฟ้าผ่านมายังระบบส่งกำลังไฟฟ้า เพื่อแยกการจ่ายกำลังไฟฟ้าไปยังโหลดผู้ใช้ไฟ มีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ สถานีไฟฟ้าทำหน้าที่ปรับลดแรงดันก่อนส่งจ่ายไปยังผู้จ่ายไฟ โดยส่วนใหญ่แล้วระบบจำหน่ายกำลังไฟฟ้าจะมีระดับแรงดันไฟฟ้าครอบคลุมทั้งทางด้านปฐมภูมิ ทติยภูมิ รวมถึงระดับแรงดันสูงสุด สำหรับประเทศไทยจะกำหนดแรงดันไฟฟ้าไม่เกิน 115 กิโลโวลต์ รูปแบบของระบบจำหน่ายกำลังไฟฟ้าแบ่งออกเป็น 2 ระบบหลักคือ ระบบจำหน่ายไฟฟ้าเหนือดิน และระบบจำหน่ายไฟฟ้าใต้ดิน การเลือกใช้ระบบใดนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น ค่าใช้จ่ายในการลงทุน ความปลอดภัย สิ่งแวดล้อมและความสวยงาม เป็นต้น แต่ที่พบเห็นโดยทั่วไปในประเทศไทยจะเป็นระบบจำหน่ายกำลังไฟฟ้าเหนือดิน เนื่องจากมีราคาต่ำกว่าระบบจำหน่ายแบบใต้ดินมาก แต่อย่างไรก็ตามในบริเวณที่มีบ้านเรือนหนาแน่น กรณีต้องเดินสายไฟข้ามแม่น้ำหรือภายในนิคมอุตสาหกรรม นิยมใช้ระบบจำหน่ายกำลังไฟฟ้าใต้ดินเพราะสายใต้ดินเป็นสายที่มีฉนวนหุ้ม ยึดมีความปลอดภัยและความมั่นคงสูงกว่าระบบจำหน่ายไฟฟ้าเหนือดินในอากาศซึ่งมักจะเป็นสายเปลือย

ระบบจำหน่ายกำลังไฟฟ้าที่ดีต้องมีการวางแผนการก่อสร้างระบบจำหน่ายกำลังไฟฟ้า โดยคำนึงถึงองค์ประกอบต่างๆ เช่น ระดับแรงดันไฟฟ้า ชนิดของวงจรการจ่ายไฟ ตลอดจนความเหมาะสมในการใช้งานในแต่ละพื้นที่ สำหรับวิทยานิพนธ์นี้ได้นำรูปแบบของระบบจำหน่ายไฟฟ้าอยู่ 2 แบบ คือ

2.3.1 ระบบจำหน่ายไฟฟ้าแบบเรเดียล (Radial Distribution Systems)

เป็นโครงข่ายระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่ง่ายที่สุดที่มีการจ่ายไฟฟ้าไปยังผู้ใช้ไฟฟ้าผ่านสายจำหน่ายเพียงด้านเดียว โดยที่พลังงานไฟฟ้าจะไหลไปในทิศทางเดียวกันจากสถานีไฟฟ้าไปยังโหลด การการใช้งาน การวางแผนใช้ระบบจำหน่ายนี้หากมีโหลดผู้ใช้ไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้นในอนาคตก็สามารถที่จะเพิ่มระบบจำหน่ายแบบเรเดียลให้กลายเป็นระบบจำหน่ายแบบลูบได้ หรือระบบจำหน่ายแบบร่างแหต่อไปได้ ระบบจำหน่ายไฟฟ้าแบบเรเดียลนิยมใช้สำหรับจ่ายพลังงานไฟฟ้าไปยังผู้ใช้ไฟฟ้าในพื้นที่ทั่วไปหรือในชนบท เนื่องจากระบบจำหน่ายไฟฟ้าประเภทที่ลงทุนต่ำ มีการป้องกัน

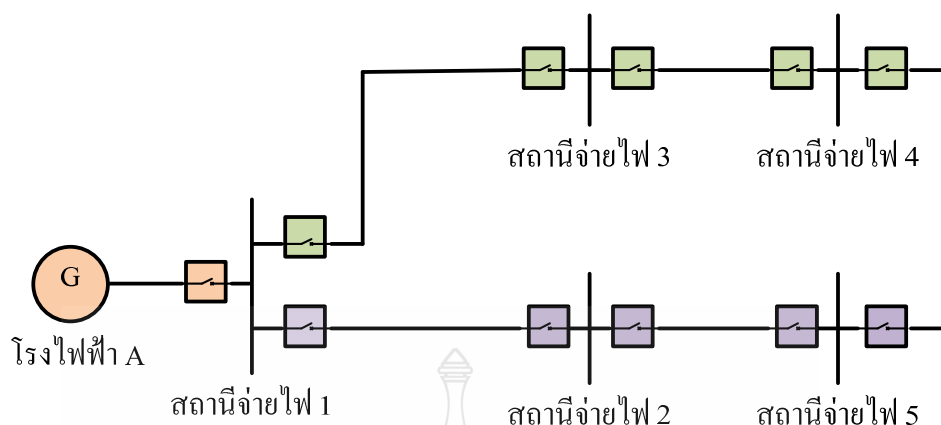
ระบบง่าย ๆ และลักษณะของการวางสายแบบนี้สามารถเข้าใจได้ง่าย แต่มีข้อเสียคือความน่าเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าค่อนข้างต่ำ ลักษณะของระบบไฟฟ้าแบบเรเดียล แสดงดังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 โครงข่ายระบบจำหน่ายไฟฟ้าแบบเรเดียล

2.3.2 ระบบจำหน่ายไฟฟ้าแบบลูป (Loop Distribution Systems)

เป็นโครงข่ายระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่ได้ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อเป็นการเสริมสร้างความมั่นคงให้กับระบบจำหน่ายพลังงานไฟฟ้า เป็นระบบที่มีการจ่ายไฟเข้าที่ต้นทางและปลายทางโดยสถานีจ่ายไฟฟ้าแห่งเดียวกัน โดยผู้ใช้ไฟจะสามารถรับพลังงานไฟฟ้าได้มากกว่าหนึ่งทาง ระบบจำหน่ายแบบนี้ในการใช้งานจริงบางครั้งจะเปิดวงจรออกทำให้ระบบเป็นวงจรจำหน่ายไฟฟ้าแบบเรเดียลก็ได้ การกระทำเช่นนี้จะทำการป้องกันระบบนั้นทำได้ง่ายขึ้น ระบบจำหน่ายไฟฟ้าแบบลูปนี้สามารถนำไปใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับชุมชนขนาดใหญ่และโรงงานอุตสาหกรรมได้ ข้อดีของระบบนี้คือ เมื่ออุปกรณ์ตัวหนึ่งตัวใดเกิดขัดข้องก็สามารถทำการตัดส่วนนั้นออกไปและวงจรส่วนที่เหลืออยู่ก็สามารถทำการจ่ายไฟฟ้าต่อไปได้อีก ทำให้ระบบมีความน่าเชื่อถือได้สูงจึ้นกว่าระบบจำหน่ายไฟฟ้าแบบเรเดียล ข้อเสียของระบบจำหน่ายไฟฟ้าแบบลูปคือ การจ่ายพลังงานไฟฟ้าจะกระทำได้โดยผ่านสถานีจ่ายไฟฟ้าเพียงสถานีเดียว ดังนั้นถ้าเกิดการขัดข้องขึ้นภายในสถานีจ่ายไฟฟ้า ยังทำให้เกิดไฟฟ้าดับเป็นบริเวณกว้าง ดังนั้นระบบป้องกันของระบบจำหน่ายไฟฟ้าแบบลูป ก็ยังต้องมีขีดความสามารถสูงจึ้นกว่าระบบจำหน่ายไฟฟ้าแบบเรเดียล เนื่องจากระบบป้องกันต้องตรวจสอบให้ทราบว่าเกิดการลัดวงจรขึ้นที่อุปกรณ์ตัวใด เพื่อที่จะได้ตัดอุปกรณ์ส่วนนั้นออกจากการจ่ายพลังงานไฟฟ้าและส่วนที่เหลืออยู่ก็สามารถทำการจ่ายไฟฟ้าไปยังจุดโคหลดที่ไม่ได้รับผลกระทบต่อการเกิดขัดข้องของระบบจำหน่ายไฟฟ้าได้ลักษณะของระบบไฟฟ้าแบบลูป แสดงดังภาพที่ 2.2

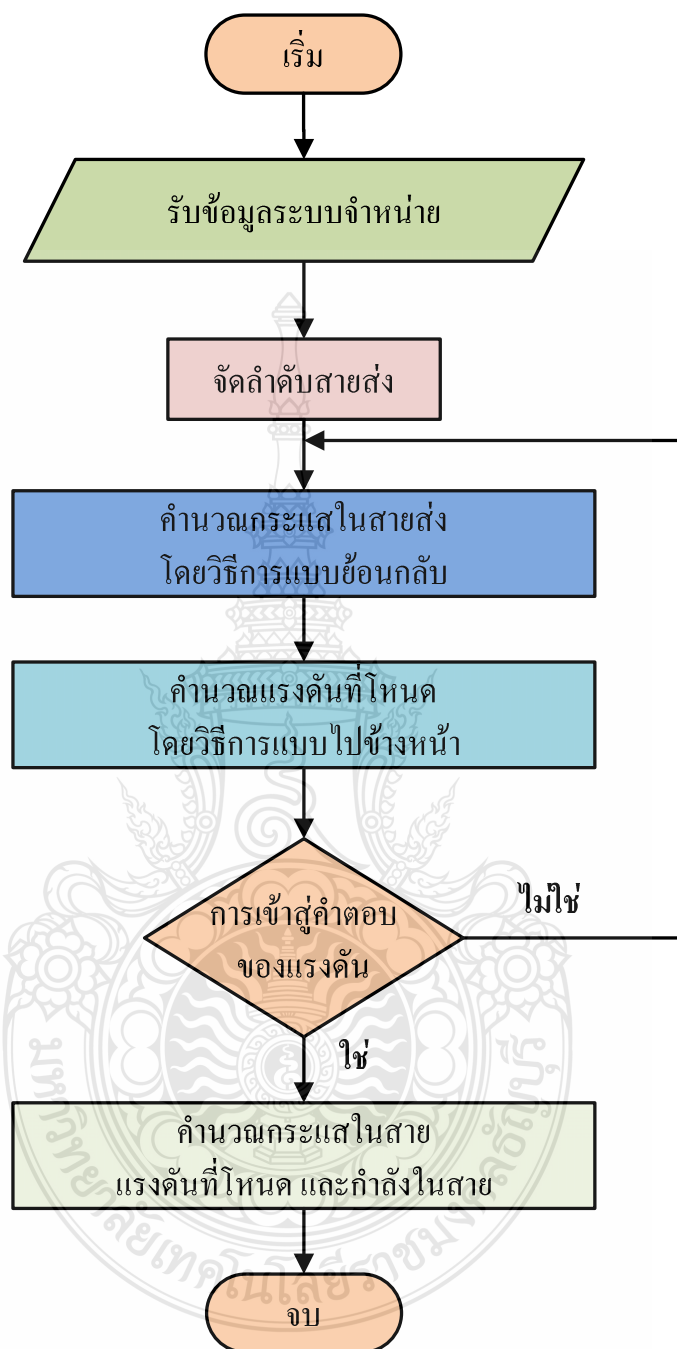


ภาพที่ 2.2 โครงข่ายระบบไฟฟ้าแบบลูป

2.4 การคำนวณการไหลของกำลัง (Calculation of Power Flow)

แม้ว่าระบบจำหน่ายไฟฟ้าส่วนใหญ่จะเป็นระบบเรเดียล การวิเคราะห์การไหลของกำลังก็ยังคงมีความสำคัญ [8] เพราะคุณภาพของแรงดันไฟฟ้าที่จะต้องจ่ายให้ผู้ใช้ไฟฟ้าควรเป็นสิ่งที่จะต้องคำนึงถึง การคำนวณการไหลของกำลังในระบบจำหน่าย จะช่วยทำให้ทราบระดับแรงดันที่โหนดต่างๆ ได้ นอกจากนี้คำตอบของการไหลของกำลังในระบบจำหน่าย จะช่วยทำให้การวางแผนเพื่อควบคุมระบบตลอดจนการขยายระบบให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น อนึ่งการจำลองระบบเมื่อต้องเจอกับสถานะที่ไม่คาดคิดนั้นจะรู้คำตอบได้ ก็ต้องทำการคำนวณการไหลของโหลดเช่นกัน การคำนวณการไหลของกำลัง หรือการวิเคราะห์การไหลของกำลังในระบบจำหน่าย จะมีความซับซ้อนน้อยกว่าในระบบส่งจ่าย เพราะในระบบจำหน่ายจะเป็นระบบเรเดียลเสียเป็นส่วนใหญ่ แต่ในระบบส่งจ่ายจะเป็นระบบโครงข่าย อีกประการหนึ่งพารามิเตอร์สายในระบบส่งจ่ายจะประกอบด้วยความต้านทานความเหนี่ยวนำ และความจุ แต่ในระบบจำหน่ายเราจะพิจารณาเพียงแค่ความต้านทาน และความเหนี่ยวนำของสายเท่านั้น การคำนวณการไหลของกำลังด้วยหลักการใช้เมทริกจาโคเบียน เช่น นิวตันราฟสัน โหลด หรือเก๊าเซิลนั้น ไม่เหมาะสมกับการวิเคราะห์ปัญหาการไหลของกำลังสำหรับระบบจำหน่ายที่บางครั้งเกิดปัญหาเกี่ยวกับลู่เข้าสู่คำตอบ

อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์การไหลของกำลังในระบบจำหน่ายก็ยังคงมีความสำคัญ เพราะผู้มีหน้าที่จ่ายไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ไฟฟ้าต้องเตรียมการให้พร้อมเพื่อการจ่ายไฟฟ้าที่มีคุณภาพ และการขยายการให้บริการในอนาคต ดังนั้นในวิทยานิพนธ์นี้จึงนำเสนอเทคนิคการคำนวณการไหลของกำลังด้วยวิธีการคำนวณกระแสแบบย้อนกลับและการคำนวณแรงดันแบบไปข้างหน้า (Current Backward Sweep and Voltage Forward Sweep) โดยมีขั้นตอนดังภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 ลำดับขั้นการวิเคราะห์การไหลของกำลังไฟฟ้าด้วยวิธีแบบย้อนกลับและไปข้างหน้า [9]

2.4.1 ข้อมูลในระบบจำหน่าย

ในการวิเคราะห์การไหลของกำลังไฟฟ้าในระบบจำหน่ายนั้น ขั้นตอนจะต้องทราบค่าข้อมูลของระบบจำหน่ายคือ แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า จำนวน โหนด ค่าพารามิเตอร์ของสายตัวนำในแต่ละสาขา และค่ากำลังไฟฟ้าของโหลดในแต่ละโหนด

1) แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า คือ หม้อแปลงกำลังไฟฟ้าที่สถานีจำหน่ายไฟฟ้า กำหนดให้เป็นแหล่งจ่ายแรงดันคงที่ เรียกว่า รูตโหนด ใช้เป็นบัสอ้างอิง

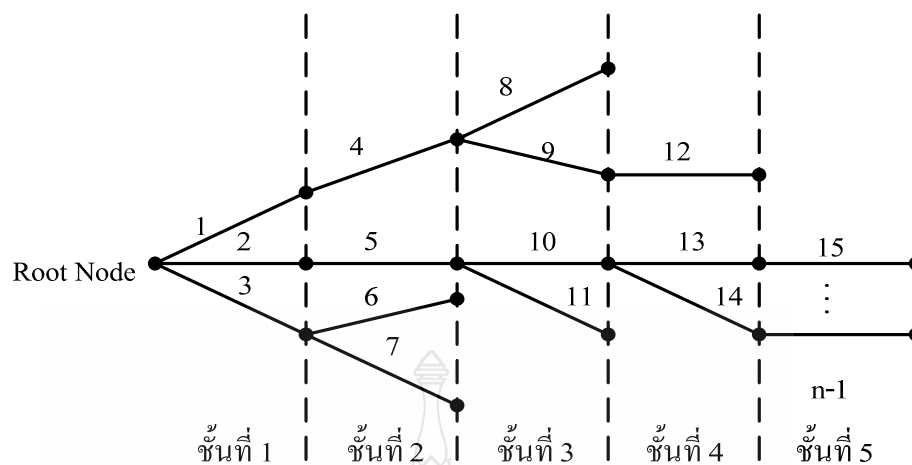
2) โหนด หรือ บัส คือ จุดต่อร่วมของสาขาตั้งแต่สองสาขาขึ้นไป สำหรับระบบจำหน่ายแทนจุดต่อแยกของสายย่อย หรือจุดที่เป็นตำแหน่งหม้อแปลงจำหน่าย

3) สาขา คือ สายตัวนำที่ต่อระหว่างโหนดสองโหนดใดๆ ค่าพารามิเตอร์ที่ต้องการ คือ ค่าความต้านทาน และค่ารีแอกแตนซ์ มีหน่วยเป็นโอห์มต่อหน่วยความยาว ค่าความต้านทานและค่ารีแอกแตนซ์รวมของตัวนำแต่ละสาขาหาได้เมื่อทราบความยาวของสาย ค่าพารามิเตอร์ทั้งสองแปลงให้อยู่ในรูปต่อหน่วย

4) โหลด คือ ค่ากำลังไฟฟ้าของโหลด แทนด้วยกำลังไฟฟ้าจริงและค่ากำลังไฟฟ้าด้านกลับ ทั้งสองค่าคิดจากเปอร์เซ็นต์การจ่าย โหลดจริงเทียบกับพิกัดกำลังของหม้อแปลงแต่ละตัว อัตราส่วนของกำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้าด้านกลับ กำหนดให้มีค่าอัตราส่วนคงที่เมื่อกำหนดค่าประกอบกำลัง

2.4.2 การจัดลำดับสายส่ง

ในระบบจำหน่ายขนาดแรงดันและมุมเฟสที่บัสอ้างอิงจะกำหนดให้มีค่าคงที่ ส่วนค่าแรงดันและมุมเฟสของแรงดันที่บัสอื่นนั้นเป็นตัวแปรที่ต้องคำนวณหา เมื่อรับข้อมูลระบบจำหน่ายมาแล้ว เราต้องจัดลำดับสายส่ง ระบบจำหน่ายมีจำนวนโหนดคือ n โหนด จำนวนสาขาคือ $b = n - 1$ สาขา การจัดลำดับสายส่งเริ่มต้นจากรูตโหนดด้านซ้ายมือสุดเรียงกันตามลำดับไปทางด้านขวามือแบ่งเป็นชั้นๆ เริ่มต้นจากชั้นที่ 1 ที่ต่ออยู่กับรูตบัส ลำดับสายส่งเริ่มต้นนับจากสาขาที่ 1 เรียงกันไปตามลำดับจากบนลงล่างจนครบทุกสาขา ชั้นถัดไปจะเริ่มต้นเมื่อทุกสาขาในชั้นที่ 1 ได้จัดเรียงสายส่งเรียบร้อยแล้ว ที่ชั้นอื่นๆ จะต่อเนื่องกันไปตามหลักการเดียวกันนี้จนถึงสิ้นสุดที่สาขาสุดท้าย โดยการจัดลำดับนี้จะเริ่มจากด้านต้นสายส่งเป็นลำดับไป ดังภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 การจัดลำดับสายส่ง

2.4.3 การคำนวณกระแสแบบย้อนกลับ (Current Backward Sweep): KCL

เมื่อจัดลำดับสายส่งเรียบร้อยแล้วก็เข้าสู่การคำนวณกระแสในสาย โดยจะเริ่มจากกระแสที่ โหนด จะมีค่าเป็น

$$I_i^{(k)} = \left(\frac{S_i}{V_i^{(k-1)}} \right)^* - Y_i V_i^{(k-1)} \quad (2.1)$$

เมื่อ S_i คือ กำลังที่โหนด i ($S_i = P_i \pm jQ_i$)

Y_i คือ ผลรวมของแอดมิทแตนซ์ส่วนลงดินทั้งหมดที่โหนด i

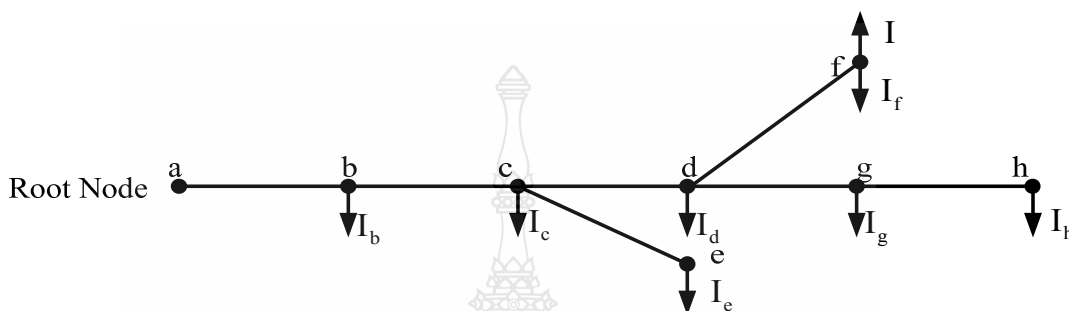
$V_i^{(k-1)}$ คือ เป็นแรงดันที่โหนด i ณ รอบคำนวณที่ $k-1$

k คือ รอบการคำนวณ

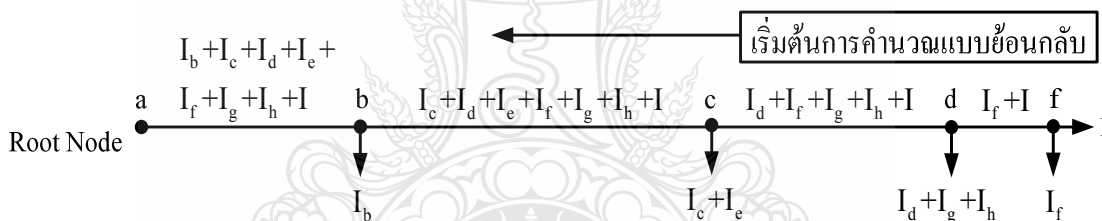
การคำนวณกระแสจะเริ่มให้ขนาดแรงดันเป็น 1 p.u. และมุมแรงดันเป็นศูนย์ที่ทุกๆ โหนด ส่วนของการคำนวณกระแสในสายจะเริ่มจากการคำนวณที่เรียกว่า การแพร่กระจายถอยหลัง โดยที่รอบคำนวณที่ k จะคำนวณกระแส J ในสายที่สุดท้ายเรื่อยๆ เข้าสู่จุดโหนด หรือจุดบัส โดยกระแสที่สาย L หาได้จากสมการที่ 2.2 และตัวอย่างกระแสในสายส่งของระบบไฟฟ้าแบบเรเดียล แสดงดัง ภาพที่ 2.5

$$J_L^k = -I_{L2}^k + \sum (\text{กระแสในสายที่พุ่งมาจากโหนด } L_2) \tag{2.2}$$

ซึ่งการหาค่ากระแสในสายดังสมการที่ 2.2 เขียนเป็นรูปภาพได้ดังภาพที่ 2.6 โดยกระแสจะถูกเริ่มหาจากปลายสายดังภาพ



ภาพที่ 2.5 กระแสในสายส่งของระบบไฟฟ้าแบบเรเดียล



ภาพที่ 2.6 การคำนวณค่ากระแสในสายส่งในแต่ละช่วงแบบย้อนกลับ

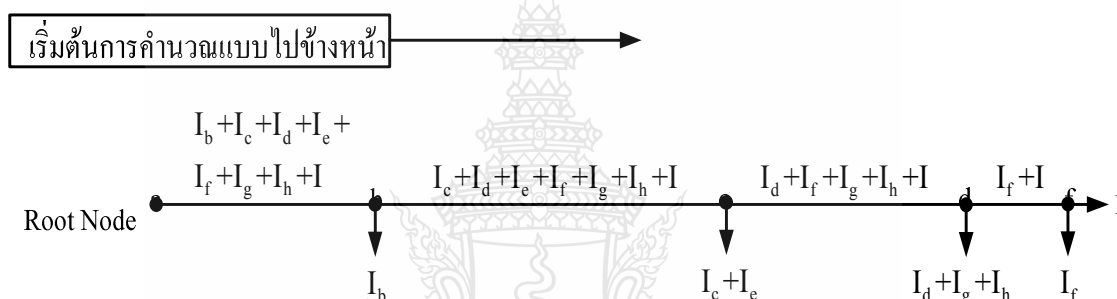
2.4.4 การคำนวณแรงดันแบบไปข้างหน้า (Voltage Forward Sweep):KVL

การคำนวณแรงดันจะมีลักษณะแบบไปข้างหน้า เริ่มต้นจากบัสอ้างอิง หรือจุดโหนดหรือจุดบัส โดยที่ค่าแรงดันกำหนดให้มีค่าคงที่และมุมเฟสเป็นศูนย์ ส่วนค่าแรงดันและมุมเฟสของแรงดันที่บัสอื่นๆ ถัดไปจากบัสอ้างอิงในรอบคำนวณที่ k จะถูกคำนวณค่าแรงดันที่บัส เรื่อยไปสู่อับดับสุดท้ายดังสมการที่ 2.3

$$V_{L2}^{(k)} = V_{L1}^{(k)} - Z_L J_L^{(k)} \tag{2.3}$$

- เมื่อ Z_L คือ ค่าอิมพีแดนซ์อนุกรมของสายส่งช่วง L ระหว่างโหนด L_2 และ L_1
 L_2 คือ โหนดปลายทาง
 L_1 คือ โหนดต้นทาง
 J คือ กระแสในสาย
 k คือ รอบการคำนวณ

ซึ่งการหาค่าแรงดันที่โหนดดังสมการที่ 2.3 เขียนเป็นรูปภาพได้ดังภาพที่ 2.7 โดยแรงดันจะถูกเริ่มหาจากต้นสายดังภาพ



ภาพที่ 2.7 การคำนวณค่าแรงดันที่โหนดแบบไปข้างหน้า

2.4.5 การเข้าสู่คำตอบของแรงดัน

การคำนวณค่ากระแสแบบย้อนกลับและการคำนวณค่าแรงดันแบบไปข้างหน้าจะกระทำในลักษณะเวียนซ้ำ ในแต่ละรอบการคำนวณจะตรวจสอบค่า Mismatch ของค่าแรงดันในแต่ละบัส ดังสมการที่ 2.4

$$\Delta V_j^{(k)} = V_j^{(k)} - V_j^{(k-1)} \quad (2.4)$$

- เมื่อ $\Delta V_j^{(k)}$ คือ ค่าความคลาดเคลื่อนของแรงดันที่พอยอมรับได้ (Mismatch) ที่บัส j หลังจากการคำนวณในรอบที่ k
 $V_j^{(k)}$ คือ แรงดันที่บัส j ในรอบการคำนวณที่ k
 $V_j^{(k-1)}$ คือ แรงดันที่บัส j ในรอบการคำนวณที่ $k-1$

อย่างไรก็ตามการเข้าสู่คำตอบของแรงดันอาจหาได้จากผลต่างของค่าอื่นๆ ดังสมการที่ 2.5

$$\left\{ \begin{array}{l} |\operatorname{Re}(\Delta V_j^{(k)})| \leq \varepsilon \\ |\operatorname{Im}(\Delta V_j^{(k)})| \leq \varepsilon \\ |(\Delta V_j^{(k)})| \leq \varepsilon \end{array} \right. \quad (2.5)$$

เมื่อ ε คือ ค่าความคลาดเคลื่อนที่พอยอมรับได้ (Mismatch)

ค่าแรงดันที่บัสต่างๆ ที่เป็นคำตอบนั้นจะได้จากการคำนวณในรอบที่สุดท้าย ซึ่งรอบสุดท้ายนี้จะเกิดขึ้นเมื่อผลต่างของแรงดันทุกๆ บัส มีค่าต่ำกว่าหรือเท่ากับค่าความคลาดเคลื่อนที่พอยอมรับที่กำหนดและค่ากระแสในแต่ละสาขาสามารถคำนวณค่าได้จากสมการที่ 2.2

2.5 ปัญหาการไหลกำลังไฟฟ้าเหมาะสมที่สุด (Problem of Optimal Power Flow)

2.5.1 สมการรูปแบบปัญหา

ปัญหาการไหลกำลังไฟฟ้าเหมาะสมที่สุดเป็นการวิเคราะห์การไหลกำลังไฟฟ้าในสถานะคงที่ [10] โดยพิจารณาฟังก์ชันวัตถุประสงค์ร่วมกับขอบเขตเงื่อนไขบังคับที่เป็นตัวแปรควบคุม โดยมีรูปแบบทั่วไปดังต่อไปนี้

$$\begin{array}{ll} \text{Minimize} & f(x) \\ \text{Subjecte to} & g(x)=0, \quad \text{เงื่อนไขสมการ} \\ & h(x) \leq 0, \quad \text{เงื่อนไขอสมการ} \end{array}$$

การแปลงเงื่อนไขสมการและอสมการให้เป็นพจน์ปรับโทษ และนำไปรวมกับสมการวัตถุประสงค์เดิมจะได้ฟังก์ชันปรับโทษและเทอมปรับโทษ ดังสมการที่ 2.6 และ 2.7

$$P(x) = f(x) + X(x) \quad (2.6)$$

$$X(x) = \rho \left\{ g^2(x) + [\max(0, h(x))]^2 \right\} \quad (2.7)$$

โดยที่ $P(x)$ คือ ฟังก์ชันปรับโทษ
 $X(x)$ คือ เทอมปรับโทษ
 ρ คือ ตัวประกอบการปรับโทษ

การใช้วิธีการปรับโทษทำให้การแก้ปัญหาจากการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบมีเงื่อนไขบังคับ เป็นการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบไม่มีเงื่อนไข ฟังก์ชันวัตถุประสงค์เปลี่ยนเป็นฟังก์ชันปรับโทษนี้แทน ซึ่งง่ายกว่าและมีรูปแบบสมการที่ไม่ซับซ้อน

2.5.2 ฟังก์ชันวัตถุประสงค์

$$P_{\text{loss}} = \sum_{i=1}^{N_L} g_{i,j} \{V_i^2 + V_j^2 - 2V_i V_j \cos(\delta_i - \delta_j)\} \quad (2.8)$$

โดยที่ P_{loss} คือ กำลังไฟฟ้าจริงที่สูญเสียในสายส่งทั้งหมด
 N_L คือ จำนวนสายส่งทั้งหมด
 V_i คือ ขนาดแรงดันบัสที่ i
 V_j คือ ขนาดแรงดันบัสที่ j
 δ_i คือ มุมแรงดันบัสที่ i
 δ_j คือ มุมแรงดันบัสที่ j
 $g_{i,j}$ คือ ความนำไฟฟ้าจากบัส i ไปยังบัส j

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์มีหลายปัญหาที่นิยมนำมาพิจารณา เช่น การจ่ายโหลดอย่างประหยัด การลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบ ในวิทยานิพนธ์นี้การลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในสายส่งน้อยที่สุดเป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ดังสมการที่ 2.8

2.5.3 ระบบเงื่อนไขบังคับ

ตัวแปรปรับตั้งในวิทยานิพนธ์คือ กำลังไฟฟ้าจริงที่ผลิตจากโรงจักรไฟฟ้า ขนาดแรงดันถูกควบคุมโดยสถานีไฟฟ้า แท็ปหม้อแปลงและกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ โดยจะการปรับตั้งตัวแปรเหล่านี้เพื่อให้เกิดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในสายส่งน้อยที่สุด และยังคงอยู่ในช่วงขีดจำกัดของตัวแปรแต่ละตัว โดยมีตัวแปรที่ต้องการควบคุมตามคือ พิกัดการไหลกำลังไฟฟ้าของสายส่ง พิกัดช่วงขนาดแรงดันทุกบัสในระบบ เพื่อให้ระบบไฟฟ้าทำงานอยู่ในสภาวะปกติ ระบบเงื่อนไขบังคับทั้งเงื่อนไขสมการและอสมการแสดงดังต่อไปนี้

1) เงื่อนไขบังคับสมการเป็นสมการการไหลกำลังไฟฟ้า

$$P_{G,i} - P_{D,i} - \sum_{j=1}^{N_B} |V_i| |V_j| |Y_{ij}| \cos(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j) = 0 \quad (2.9)$$

$$Q_{G,i} - Q_{D,i} + \sum_{j=1}^{N_B} |V_i| |V_j| |Y_{ij}| \sin(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j) = 0 \quad (2.10)$$

โดยที่ $P_{G,i}$ คือ กำลังไฟฟ้าจริงผลิตที่บัส i
 $P_{D,i}$ คือ ความต้องการกำลังไฟฟ้าจริงที่บัส i
 $Q_{G,i}$ คือ กำลังไฟฟ้รีแอกทีฟผลิตที่บัส i
 $Q_{D,i}$ คือ ความต้องการกำลังไฟฟ้รีแอกทีฟที่บัส i
 N_B คือ จำนวนบัส
 $\theta_{i,j}$ คือ มุมแอดมิตแตนซ์บัส i ไปยังบัส j
 $Y_{i,j}$ คือ ขนาดแอดมิตแตนซ์บัส i ไปยังบัส j

2) เงื่อนไขบังคับสมการเป็นขอบเขตของตัวแปรที่ต้องการปรับตั้ง

$$V_i^{\min} \leq V_i \leq V_i^{\max} \quad (2.11)$$

$$T_i^{\min} \leq T_i \leq T_i^{\max} \quad (2.12)$$

$$P_{G,i}^{\min} \leq P_{G,i} \leq P_{G,i}^{\max} \quad (2.13)$$

$$Q_{\text{comp},i}^{\min} \leq Q_{\text{comp},i} \leq Q_{\text{comp},i}^{\max} \quad (2.14)$$

โดยที่ V_i^{\min} คือ ขอบเขตแรงดันต่ำสุด
 V_i^{\max} คือ ขอบเขตแรงดันสูงสุด
 T_i^{\min} คือ ขอบเขตเทปหม้อแปลงต่ำสุด
 T_i^{\max} คือ ขอบเขตเทปหม้อแปลงสูงสุด

- $P_{G,i}^{\min}$ คือ ขอบเขตของกำลังไฟฟ้าจริงต่ำสุด
 $P_{G,i}^{\max}$ คือ ขอบเขตของกำลังไฟฟ้าจริงสูงสุด
 $Q_{\text{comp},i}^{\min}$ คือ ขอบเขตกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟต่ำสุด
 $Q_{\text{comp},i}^{\max}$ คือ ขอบเขตกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟสูงสุด

ฟังก์ชันปรับโทษสามารถเขียนได้ตามสมการที่ 2.15

$$P(x) = P_{\text{loss}} + X_P + X_Q + X_C + X_T + X_V + X_G \quad (2.15)$$

โดยที่
$$X_P = \rho \sum_{i=1}^{N_B} \left\{ P_{G,i} - P_{D,i} - \sum_{j=1}^{N_B} |V_i| |V_j| |Y_{ij}| \cos(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j) \right\}^2 \quad (2.16)$$

$$X_Q = \rho \sum_{i=1}^{N_B} \left\{ Q_{G,i} - Q_{D,i} + \sum_{j=1}^{N_B} |V_i| |V_j| |Y_{ij}| \sin(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j) \right\}^2 \quad (2.17)$$

$$X_C = \rho \sum_{i=1}^{N_C} \left\{ \max(0, Q_{\text{comp},i} - Q_{\text{comp},i}^{\max}) \right\}^2 + \rho \sum_{i=1}^{N_C} \left\{ \max(0, Q_{\text{comp},i}^{\min} - Q_{\text{comp},i}) \right\}^2 \quad (2.18)$$

$$X_T = \rho \sum_{i=1}^{N_T} \left\{ \max(0, T_i - T_i^{\max}) \right\}^2 + \rho \sum_{i=1}^{N_T} \left\{ \max(0, T_i^{\min} - T_i) \right\}^2 \quad (2.19)$$

$$X_V = \rho \sum_{i=1}^{N_B} \left\{ \max(0, V_i - V_i^{\max}) \right\}^2 + \rho \sum_{i=1}^{N_B} \left\{ \max(0, V_i^{\min} - V_i) \right\}^2 \quad (2.20)$$

$$X_G = \rho \sum_{i=1}^{N_G} \left\{ \max(0, P_{G,i} - P_{G,i}^{\max}) \right\}^2 + \rho \sum_{i=1}^{N_G} \left\{ \max(0, P_{G,i}^{\min} - P_{G,i}) \right\}^2 \quad (2.21)$$

- โดยที่ N_G คือ จำนวนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้งหมดในระบบ
 N_C คือ จำนวนตัวอุปกรณ์ชดเชยกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟในระบบ
 N_T คือ จำนวนของหม้อแปลงที่ติดตั้งในระบบ
 N_B คือ จำนวนบัส

2.6 วิธีกลุ่มอนุภาค (Particle Swarm Optimization Method)

วิธีกลุ่มอนุภาคเกิดขึ้นจากแนวความคิดที่ต้องการศึกษาเลียนแบบการเคลื่อนที่ในการหาอาหารและการอยู่รวมกันเป็นกลุ่มของฝูงนก ฝูงปลา และฝูงแมลง วิธีกลุ่มอนุภาคนี้มีต้นกำเนิดมาจากความคิดของนักวิทยาศาสตร์กลุ่มหนึ่ง ที่สนใจและสังเกตเกี่ยวกับพฤติกรรมการอยู่รวมกันเป็นฝูงหรือการอยู่รวมกันเป็นกลุ่มของสัตว์ต่างสายพันธุ์มากมายหลายชนิด สิ่งแรกที่นักวิทยาศาสตร์เหล่านี้ได้ศึกษาคือพฤติกรรมการอยู่รวมกันเป็นสังคมของสัตว์ชนิดนั้นๆ สำหรับสายพันธุ์ของสัตว์บางชนิด ฝูงหรือกลุ่มจะถูกควบคุมด้วยตัวที่เป็นจ่าฝูง ซึ่งอาจมีลักษณะที่แข็งแรงและได้รับการยอมรับจากสมาชิกตัวอื่นๆ ในฝูง เช่น ฝูงสิงโต ฝูงลิงบาบูน เป็นต้น แต่ก็มีสัตว์บางสายพันธุ์ที่มีพฤติกรรมการอยู่รวมกันเป็นกลุ่มที่น่าสนใจแตกต่างออกไปคือ การอยู่รวมกันเป็นกลุ่มของฝูงนก ฝูงปลา และฝูงแมลง ความน่าสนใจของพฤติกรรมของสัตว์เหล่านี้คือ การปรับตัวในการอยู่รวมกันในกลุ่มโดยไม่ต้องมีผู้นำมาคอยควบคุม สังคมการอยู่รวมกันเป็นกลุ่มของสัตว์เหล่านี้อาศัยการปรับตัวด้วยตัวเองตามสภาพแวดล้อม โดยอาศัยการเรียนรู้คุณลักษณะที่เหมาะสมของการอยู่รวมกันภายในกลุ่ม เริ่มต้นจากปฏิสัมพันธ์ของอนุภาคต่ออนุภาคในกลุ่มย่อยจากกลุ่มย่อยรวมไปเป็นกลุ่มใหญ่ [11]

จากพฤติกรรมที่น่าสนใจนี้ ในปี 1995 อัลกอริทึมในการหาค่าเหมาะสมด้วยวิธีกลุ่มอนุภาค จึงถูกนำเสนอเป็นครั้งแรกโดย Kennedy และ Eberhart [12] การหาค่าตอบจะอาศัยทฤษฎีการเคลื่อนที่ในการหาอาหารและอยู่รวมกันเป็นกลุ่มของฝูงนก ฝูงปลา และฝูงแมลง กระบวนการหรือตัวดำเนินการของวิธีกลุ่มอนุภาคนี้ จะเป็นอัลกอริทึมของการเรียนรู้ในการปรับตำแหน่งของแต่ละอนุภาค จนกระทั่งแต่ละอนุภาคอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมไม่มีการเคลื่อนที่ ปัจจุบันวิธีกลุ่มอนุภาคนี้ได้นำไปประยุกต์ใช้กับแก้ปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดในหลายๆ แขนงวิชารวมถึงปัญหาในระบบไฟฟ้ากำลัง เช่น ปัญหาการเลือกจ่ายพลังงานไฟฟ้าโดยคำนึงถึงหลักเศรษฐศาสตร์ ปัญหาการควบคุมให้เหมาะสม ปัญหาการวางแผนระบบไฟฟ้ากำลัง และปัญหาการหาค่าที่เหมาะสมอื่นๆ เนื้อหาในส่วนนี้จะกล่าวถึง วิวัฒนาการของวิธีปัญญาประดิษฐ์ หลักการพื้นฐานของวิธีกลุ่มอนุภาค อัลกอริทึมในการปรับตำแหน่งของวิธีกลุ่มอนุภาค การกำหนดค่าตัวแปรของวิธีกลุ่มอนุภาค แบบจำลองของวิธีกลุ่มอนุภาคในการหาค่าตอบที่ดีที่สุด

2.6.1 วิวัฒนาการของวิธีปัญญาประดิษฐ์

Simulated Annealing 1953	Expert System 1969	Genetic Algorithm 1975	Tabu Search 1989	Ant System 1991	Particle Swarm Optimization 1995
-----------------------------	-----------------------	---------------------------	---------------------	--------------------	-------------------------------------

ภาพที่ 2.8 วิวัฒนาการของวิธีปัญญาประดิษฐ์ [13]

วิธีกลุ่มอนุภาคเป็นหนึ่งในวิธีปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) เป็นวิธีการหาคำตอบที่ใช้การสุ่มค่าเริ่มต้น และมีการปรับเปลี่ยนตำแหน่งของคำตอบโดยใช้อัลกอริทึมที่คิดค้นขึ้นโดย Kennedy และ Eberhart ในปี 1995 ซึ่งวิธีปัญญาประดิษฐ์นี้ได้มีการนำเสนอขึ้นมาใช้งานหลายวิธี ซึ่งแต่ละวิธีมีหลักการและอัลกอริทึมต่างกัน โดยมีวิวัฒนาการมายาวนานตั้งแต่ปี 1953 ถึงปี 1995 แสดงดังภาพที่ 2.8

ภาพที่ 2.8 แสดงให้เห็นถึงวิวัฒนาการของวิธีปัญญาประดิษฐ์ที่เป็นมายาวนาน โดยในปี 1953 ได้มีการนำเสนอวิธีการอบเหินว ซึ่งใช้หลักการให้ความร้อนหลอมเหล็กที่อุณหภูมิสูงและลดอุณหภูมิลงอย่างช้าๆ เพื่อให้ได้เหล็กที่มีคุณภาพที่ดี ต่อมาในปี 1969 ได้มีการนำเสนอวิธีระบบผู้เชี่ยวชาญ วิธีนี้ใช้หลักการในการอาศัยประสบการณ์และข้อมูลการเรียนรู้ที่ได้เก็บรวบรวมไว้นำมาใช้เปรียบเทียบกับคำตอบของข้อมูลปัจจุบัน ปี 1975 วิธีเชิงพันธุกรรม ถูกนำเสนอครั้งแรกต่อสาธารณชนโดยการหาคำตอบของวิธีนี้จะอาศัยทฤษฎีการวิวัฒนาการสิ่งมีชีวิต ที่กล่าวว่าผู้ที่แข็งแกร่งกว่าย่อมมีโอกาสที่จะอยู่รอด และถ่ายทอดคุณลักษณะเด่นที่มีไปยังรุ่นถัดไปในขณะที่ผู้อ่อนแอกว่าย่อมตายไป ปี 1989 ได้มีการนำเสนอวิธีการค้นหาแบบตามูซึ่งใช้หลักการการค้นหาคำตอบไปทั่วพื้นที่ของการค้นหาโดยจะเก็บค่าตัวแปรที่ให้คำตอบที่ดีที่สุดไว้ในตารางตามู ปี 1991 วิธีการที่ใช้ธรรมชาติในการเลือกเส้นทางเดินทางอาหารของมดได้ถูกนำเสนอขึ้นโดยใช้หลักการที่ว่ามดจะจดจำเส้นทางการเดินทางที่สั้นที่สุดในการเดินทางไปยังจุดหมาย และปล่อยฟีโรโมนเพื่อให้มดตัวอื่นรู้และปรับเส้นทางการเดินทางให้เหมาะสม และในปี 1995 ได้มีการนำเสนออัลกอริทึมของวิธีกลุ่มอนุภาคซึ่งใช้หลักการอยู่ร่วมกันเป็นกลุ่มของนก ปลาและแมลง

2.6.2 หลักการพื้นฐานของวิธีกลุ่มอนุภาค

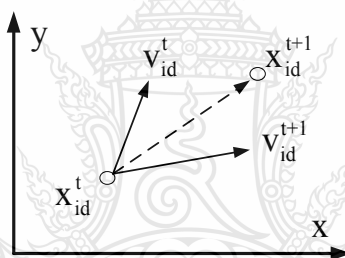


ภาพที่ 2.9 การอยู่ร่วมกันเป็นฝูงของนกและปลา

จากที่กล่าวมาข้างต้นหลักการพื้นฐานของวิธีกลุ่มอนุภาคนั้น คือการอาศัยการเรียนรู้ของการเคลื่อนที่ในการหาอาหารและอยู่ร่วมกันเป็นกลุ่มของฝูงนก ฝูงปลา และฝูงแมลง ซึ่งต่อไปจะเรียกว่ากลุ่มอนุภาค (Swarm) อนุภาคเหล่านี้จะเรียนรู้และเคลื่อนที่ปรับเปลี่ยนตำแหน่งของตัวเองไปตามอนุภาคแวดล้อมที่อยู่ในตำแหน่งที่ดีและเหมาะสมกว่า เมื่อปรับเปลี่ยนตำแหน่งจนทุกอนุภาคอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมและมีการเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกันแล้วก็จะหยุดการปรับเปลี่ยนทิศทาง ดังจะเห็นได้จากตัวอย่าง การบินของฝูงนก และการว่ายน้ำของฝูงปลา แสดงดังภาพที่ 2.9

2.6.3 อัลกอริทึมในการปรับตำแหน่งของวิธีกลุ่มอนุภาค

อัลกอริทึมของวิธีกลุ่มอนุภาคเป็นอัลกอริทึมที่ปรับตัวเองบนพื้นฐานของการเรียนรู้สถานการณ์และใช้ข้อมูลร่วมกัน อนุภาคที่อยู่ภายในกลุ่มจะปรับเปลี่ยนตำแหน่งโดยการอาศัยการเรียนรู้จากอนุภาคข้างเคียงที่อยู่ในตำแหน่งที่ให้ค่าที่ดีกว่าการปรับเปลี่ยนตำแหน่งของอนุภาค แสดงดังภาพที่ 2.10



ภาพที่ 2.10 การเปลี่ยนตำแหน่งของอนุภาค

อัลกอริทึมที่สำคัญในการปรับตำแหน่งแสดงได้ตามสมการที่ 2.22 และสมการที่ 2.23 โดยสมการที่ 2.22 แสดงถึงความเร็วในการปรับเปลี่ยนตำแหน่งของอนุภาคและสมการที่ 2.23 แสดงถึงตำแหน่งใหม่ของอนุภาคหลังปรับเปลี่ยนตำแหน่งแล้ว

$$V_{id}^{t+1} = W * V_{id}^t + \text{Rand}_1() * C_1 * (Pbest_{id} - X_{id}^t) + \text{Rand}_2() * C_2 * (Gbest_d - X_{id}^t) \quad (2.22)$$

$$X_{id}^{t+1} = X_{id}^t + V_{id}^{t+1} \quad (2.23)$$

โดยที่ X_{id}^t คือ ตำแหน่งของอนุภาค i ของตัวแปร d ในรอบการคำนวณที่ t

X_{id}^{t+1} คือ ตำแหน่งของอนุภาค i ของตัวแปร d ในรอบการคำนวณที่ $t+1$

V_{id}^t คือ ความเร็วในการเปลี่ยนตำแหน่งของอนุภาค i ของตัวแปร d ในรอบการคำนวณที่ t

V_{id}^{t+1} คือ ความเร็วในการเปลี่ยนตำแหน่งของอนุภาค i ของตัวแปร d ในรอบการคำนวณที่ $t+1$

$Rand_1(), Rand_2()$ คือ ตัวเลขสุ่มระหว่าง 0 ถึง 1

$Pbest_{id}$ คือ ตำแหน่งที่ดีที่สุดของอนุภาค i ของตัวแปร d

$Gbest_d$ คือ ตำแหน่งที่ดีที่สุดในทุกๆ อนุภาคของตัวแปร d

W คือ ค่าถ่วงน้ำหนัก

C_1, C_2 คือ ค่าคงที่

จากสมการที่ 2.22 และสมการที่ 2.23 สามารถอธิบายการปรับเปลี่ยนตำแหน่งของอนุภาคได้ดังนี้สมการที่ 2.22 นั้นเป็นสมการที่แสดงถึงการปรับความเร็วในการเปลี่ยนตำแหน่งของแต่ละอนุภาคโดยประกอบไปด้วย 3 ส่วน ส่วนแรกเป็นส่วนที่ประกอบไปด้วยค่าถ่วงน้ำหนัก (W) คูณอยู่กับความเร็วของอนุภาคเดิม (V_{id}^t) เป็นการทำให้ค่าตอบเกิดความหลากหลายไม่ติดอยู่กับคำตอบเฉพาะที่เดิมๆ ส่วนที่สองเป็นส่วนที่แต่ละอนุภาคจะปรับค่าความเหมาะสมของตัวเองในปัจจุบันกับค่าของอนุภาคที่ดีที่สุดเฉพาะที่เท่าที่มีอยู่ในขณะนั้นเราแทนอนุภาคที่ดีที่สุดเฉพาะที่ด้วยตัวแปร $Pbest_{id}$ ส่วนสุดท้ายเป็นส่วนที่แต่ละอนุภาคจะปรับค่าความเหมาะสมของตัวเองในปัจจุบันกับค่าของอนุภาคที่ดีที่สุดของกลุ่มอนุภาคในรุ่นนั้นเราแทนอนุภาคที่ดีที่สุดในกลุ่มว่า $Gbest_d$

2.6.4 การกำหนดค่าตัวแปรของวิธีกลุ่มอนุภาค

การกำหนดค่าตัวแปรในวิธีกลุ่มอนุภาคมีความสำคัญในการลู่ออกของคำตอบดังนั้นจึงต้องกำหนดค่าตัวแปรต่างๆ ให้มีความเหมาะสมกับปัญหาคงจะกล่าวต่อไปนี้

1) ค่าถ่วงน้ำหนัก (W) ค่าถ่วงน้ำหนักนี้จะทำให้คำตอบมีความหลากหลายไม่ติดอยู่กับคำตอบเฉพาะที่ ค่าถ่วงน้ำหนักที่เหมาะสมจะทำให้การค้นหาคำตอบมีความสมดุลระหว่างการหาคำตอบเฉพาะที่และการค้นหาคำตอบจากขอบเขตทั้งหมด ซึ่งจะช่วยให้รอบในการค้นหาคำตอบน้อยลงโดยทั่วไปขอบเขตของค่าถ่วงน้ำหนักนี้จะถูกกำหนดอยู่ระหว่าง 0.4 กับ 0.9 โดยสมการในการปรับค่าถ่วงน้ำหนักนี้ แสดงได้ตามสมการที่ 2.24

$$W = W_{\max} - \frac{W_{\max} - W_{\min}}{k} t \quad (2.24)$$

โดยที่ W_{\min}	คือ ขอบเขตล่างของค่าถ่วงน้ำหนัก
W_{\max}	คือ ขอบเขตบนของค่าถ่วงน้ำหนัก
t	คือ รอบการคำนวณปัจจุบัน
k	คือ รอบการคำนวณทั้งหมด

2) ค่าคงที่ความเร่ง (C_1, C_2) ค่าคงที่ความเร่ง C_1 และ C_2 มีผลต่อความเร็วในการเข้าสู่ค่าตอบ โดย C_1 มีผลต่อการเข้าสู่ค่าตอบที่ดีของตำแหน่งในปัจจุบันและ C_2 มีผลต่อการเข้าสู่ค่าตอบที่ดีที่สุดของตำแหน่งในปัจจุบัน การกำหนดค่าคงที่ทั้งสองนี้มีความสำคัญโดยปกติจะกำหนดให้มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 4 ต่อไปจะเป็นการอธิบายถึงผลของการกำหนดค่าคงที่ C_1 และ C_2

1. กำหนดให้ค่าคงที่ C_1 และ C_2 มีค่าต่ำทั้งคู่ การกำหนดให้ค่าคงที่ C_1 และ C_2 มีค่าต่ำทั้งคู่ นั้นจะส่งผลให้การค้นหาค่าตอบห่างไกลจากเป้าหมายเนื่องจากอนุภาคมีอัตราเร่งในการเคลื่อนที่ต่ำ จึงวนอยู่กับค่าตอบเฉพาะที่ไม่สามารถข้ามผ่านไปสู่อันดับที่ดีกว่าได้

2. กำหนดให้ค่าคงที่ C_1 และ C_2 มีค่าสูงทั้งคู่ การกำหนดให้ค่าคงที่ C_1 และ C_2 มีค่าสูงทั้งคู่ นั้นจะส่งผลให้การค้นหาค่าตอบเกิดการเคลื่อนที่ผ่านเป้าหมายไปเนื่องจากอนุภาคมีอัตราเร่งในการเคลื่อนที่สูง เพราะฉะนั้นการที่อนุภาคมีอัตราเร่งในการเคลื่อนที่สูงอาจทำให้ไม่เจอค่าตอบ

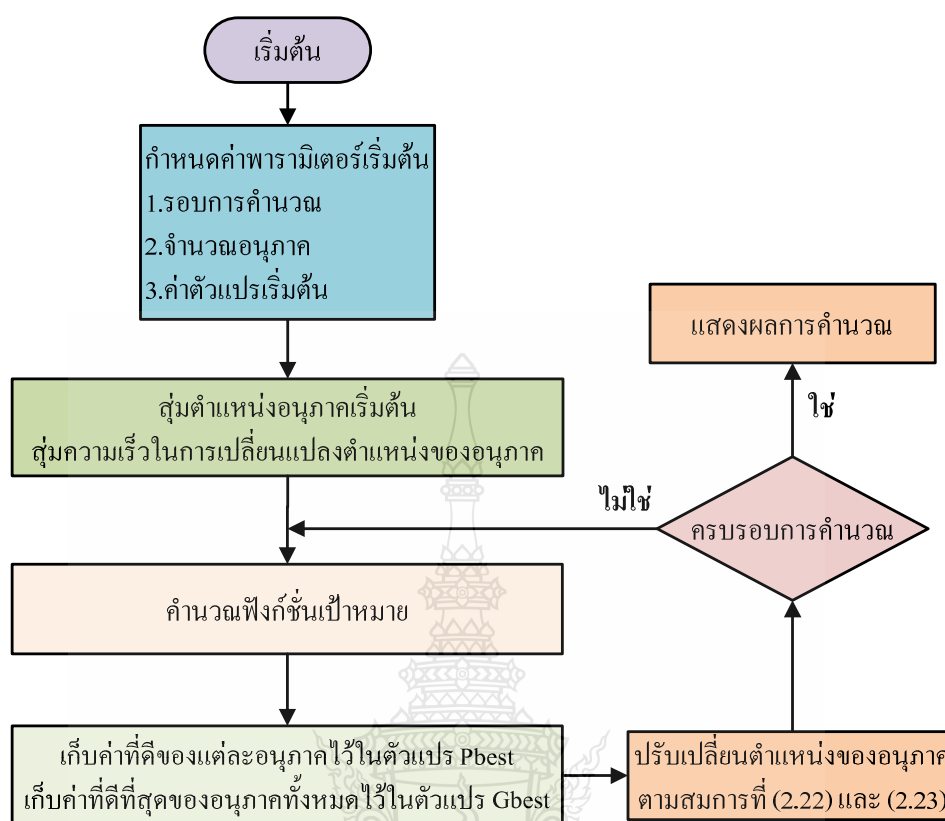
3. กำหนดให้ค่าคงที่ C_1 มีค่าต่ำและ C_2 มีค่าสูง การกำหนดค่าคงที่แบบนี้จะทำให้การค้นหาค่าตอบเข้าสู่ค่าตอบอย่างรวดเร็วแต่ค่าตอบที่ได้ส่วนใหญ่จะเป็นค่าตอบเฉพาะที่

4. กำหนดให้ค่าคงที่ C_1 มีค่าสูงและ C_2 มีค่าต่ำ การกำหนดค่าคงที่แบบนี้จะทำให้เกิดการค้นหาค่าตอบในแต่ละพื้นที่เป็นแบบกระจัดกระจายไม่เป็นรูปแบบที่สอดคล้องกันทำให้ไม่สามารถเข้าสู่ค่าตอบที่ดีได้

จะเห็นได้ว่าการกำหนดค่าคงที่ C_1 และ C_2 นั้นมีผลในการเข้าสู่ค่าตอบดังนั้นจึงต้องกำหนดค่าให้เหมาะสม ที่นิยมใช้กันคือ ค่าคงที่ C_1 และ C_2 มีค่าเท่ากับ 2 ในส่วนของการกำหนดจำนวนอนุภาคในการคำนวณนั้น จะมีค่าอยู่ระหว่าง 10 ถึง 100 แล้วแต่ความเหมาะสมของปัญหา จำนวนรอบสูงสุดที่ใช้โดยทั่วไปประมาณ 500 รอบ

2.6.5 แบบจำลองของวิธีกลุ่มอนุภาคในการหาค่าตอบที่ดีที่สุด

จากหลักการและอัลกอริทึมของวิธีกลุ่มอนุภาคที่กล่าวมาข้างต้นนั้นเราสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาเพื่อคำตอบที่ดีที่สุดได้โดยเราเริ่มจากสร้างฟังก์ชันเป้าหมายและใช้การปรับเปลี่ยนตำแหน่งของอนุภาคในสมการข้างต้นเพื่อให้ได้คำตอบที่ดีที่สุด สามารถแสดงขั้นตอนการคำนวณได้ดังภาพที่ 2.11



ภาพที่ 2.11 ขั้นตอนการคำนวณหาค่าตอบที่ดีที่สุดโดยใช้วิธีกลุ่มอนุภาค

2.7 สรุปผลทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษารวบรวมหรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบจำหน่ายไฟฟ้า พบว่าระบบจำหน่ายแบบเรเดียลเป็นระบบที่มีระดับแรงดันต่ำและมีกระแสไหลในสายมากกว่าระบบส่งจ่ายไฟฟ้า เป็นระบบที่เชื่อมต่อระหว่างระบบส่งจ่ายไฟฟ้ากับผู้ใช้ไฟฟ้าเพราะส่งผลกระทบต่อผู้ใช้ไฟโดยตรง เมื่อกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบจำหน่ายไฟฟ้ามีค่าสูงระบบเกิดการขาดเสถียรภาพกำลังไฟฟ้าในระบบ ส่งผลให้ระดับแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับผู้ใช้ไฟลดลง จากงานวิจัยที่ผ่านมาอุปกรณ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น เช่น การติดตั้งสวิตช์ตัดตอนในระบบจำหน่าย ซึ่งมาจากปัญหาการขาดความน่าเชื่อถือกำลังไฟฟ้าในระบบจำหน่าย การติดตั้งคาปาซิเตอร์แบงค์ การติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจาย ที่ต้องการเพิ่มความน่าเชื่อถือได้ในระบบจำหน่าย ซึ่งแต่ละวิธีจะมีข้อดีข้อเสียที่แตกต่างกันออกไปดังเสนอในรายละเอียดข้างต้น ดังนั้นในการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์หาตำแหน่งและขนาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจาย ที่เหมาะสมในระบบจำหน่าย จึงจำเป็นต้องศึกษารายละเอียดต่างๆ เกี่ยวกับระบบจำหน่ายแบบเรเดียล เสถียรภาพแรงดันไฟฟ้า การไหลของกำลังไฟฟ้า ปัญหาการไหลกำลังไฟฟ้าที่เหมาะสมที่สุด วิธีกลุ่มอนุภาค

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นการวิเคราะห์หาตำแหน่งการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายที่เหมาะสมในระบบจำหน่ายโดยใช้วิธีกลุ่มอนุภาค โดยผู้ทำวิทยานิพนธ์ได้ใช้โปรแกรม MATLAB M-File เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ระบบ ซึ่งเลือกใช้แบบจำลองระบบจำหน่ายเรเดียล 26 บัส 50 บัส และ 59 บัส ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เขต 1 ภาคกลาง เป็นต้นแบบ โดยอาศัยข้อมูลของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ศึกษาการไหลของกำลังไฟฟ้าและหาตำแหน่งการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจาย ที่เหมาะสมของระบบจำหน่ายแล้วจึงนำค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ไปพล็อตกราฟ จากนั้นทำการวิเคราะห์กำลังไฟฟ้าสูญเสียจากผลการจำลองระบบ ค่าบัสไหนของระบบจำหน่ายที่ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายเข้าไปแล้ว กำลังไฟฟ้าสูญเสียจริงและกำลังไฟฟ้าสูญเสียรีแอกทีฟต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับบัสอื่น ๆ กล่าวคือ เป็นบัสที่เหมาะสมในการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายเข้าไปในระบบจำหน่าย ซึ่งผู้ทำวิทยานิพนธ์ได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิทยานิพนธ์โดยใช้โปรแกรม MATLAB M-File

วิทยานิพนธ์นี้จะใช้โปรแกรม MATLAB M-File เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์เสถียรภาพแรงดันไฟฟ้าในระบบมีขั้นตอนการทำงานดังภาพที่ 3.1 ซึ่งใช้วิธีกลุ่มอนุภาคในการหาตำแหน่งติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่เหมาะสม โดยมีรายละเอียดลำดับขั้นตอนการทำงานดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 จัดเตรียมค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในระบบจำหน่ายที่จะมาทดสอบเพื่อนำเข้าสู่โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการคำนวณ

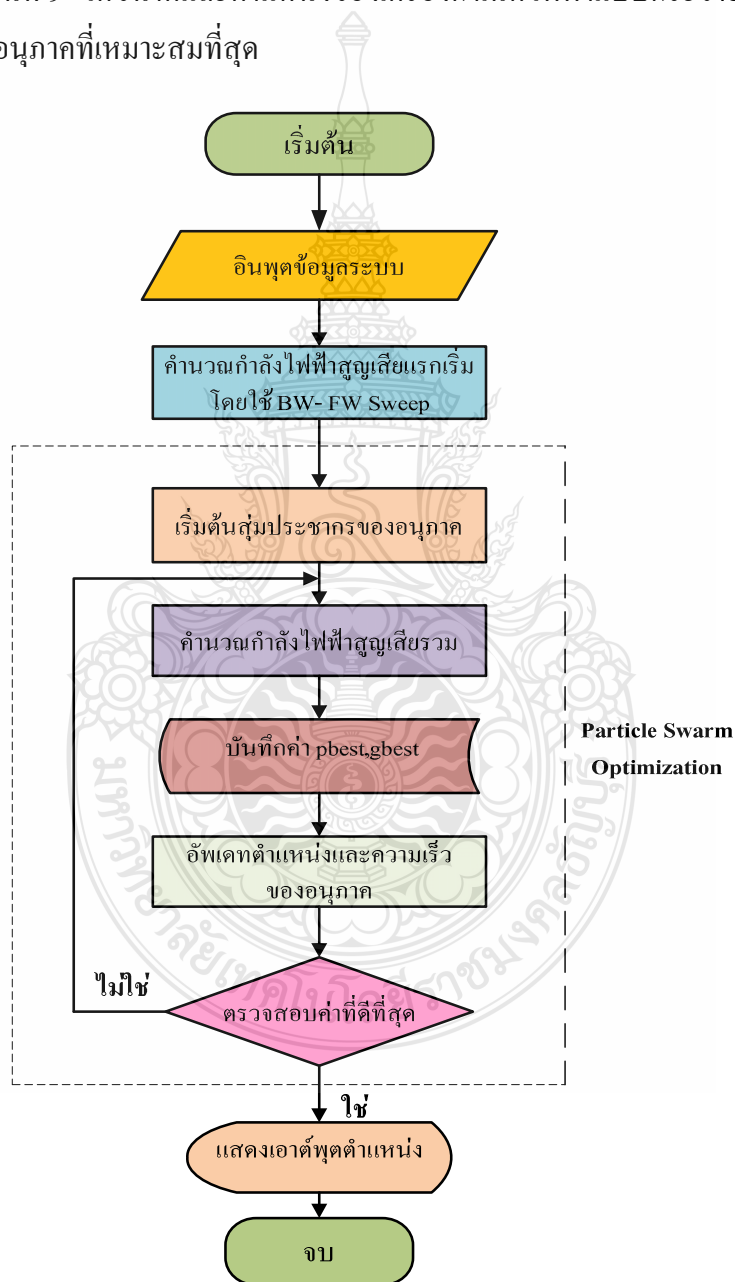
ขั้นตอนที่ 2 เมื่อได้พารามิเตอร์ต่างๆ จากขั้นตอนที่ 1 แล้วก็มาคำนวณการไหลกำลังไฟฟ้าในระบบจำหน่ายที่จะมาทดสอบเพื่อหาค่าแรงดันและกระแสที่บัสต่างๆ

ขั้นตอนที่ 3 ขั้นตอนนี้เริ่มเข้าสู่กระบวนการวิธีการเคลื่อนตัวของอนุภาคที่เหมาะสมที่สุดแล้วโดยการเริ่มการสุ่มค่า ขนาดและตำแหน่งของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายซึ่งขนาดเมตริกซ์ในการสุ่มค่าขึ้นอยู่กับว่าต้องการประชากรในการทดสอบเท่าใด

ขั้นตอนที่ 4 นำค่าขนาดและการวางตำแหน่งของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายในขั้นตอนที่ 3 เพื่อคำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้าที่สูญเสียในระบบจำหน่ายที่จะมาทดสอบ จากสมการวัตถุประสงค์

ขั้นตอนที่ 5 บันทึกค่าดรชนี้ค่าที่ดีที่สุดของกลุ่มอนุภาคในกลุ่ม Pbest

ขั้นตอนที่ 6 บันทึกค่าที่ดีที่สุดที่สุดของอนุภาคในกลุ่มในกลุ่มจะแทนด้วย Gbest
 ขั้นตอนที่ 7 ปรับปรุง ค่าความเร็วและตำแหน่งที่ถูกปรับของแต่ละอนุภาคจะสามารถคำนวณได้จากความเร็วในปัจจุบันและระยะห่างระหว่าง Pbest กับ Gbest
 ขั้นตอนที่ 8 ตรวจสอบการทำงานของกระบวนการว่าครบกำหนดที่ตั้งไว้หรือยังถ้ายังให้นำค่าจากการปรับปรุงไปสู่กระบวนการที่ 4 แต่ถ้าครบกำหนดไปสู่กระบวนการที่ 9 ต่อไป
 ขั้นตอนที่ 9 ได้ขนาดและตำแหน่งของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจาย จากกระบวนการวิธีการเคลื่อนตัวอนุภาคที่เหมาะสมที่สุด



ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการทำงานด้วยโปรแกรม MATLAB M-File

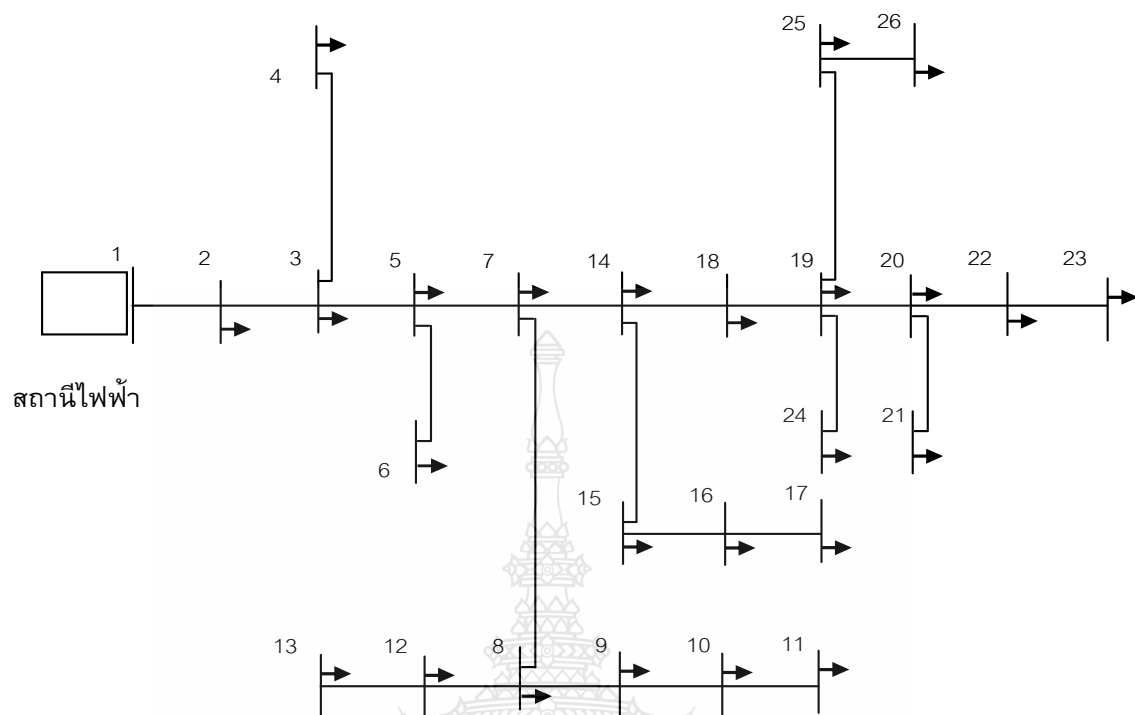
3.2 กรณีศึกษา

ข้อมูลระบบจำหน่ายที่ใช้เป็นกรณีศึกษาประกอบด้วย 3 ระบบโดยที่ระบบแรกที่ใช้ในการทดสอบเป็นระบบจำหน่ายแรงดัน 26 บัส 25 สายจำหน่ายโดยมีโหลดติดตั้งรวมทั้งหมดจำนวน 8.49 MW 5.28 MVar ซึ่งดัดแปลงมาจากส่วนหนึ่งของระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เขต 1 ภาคกลาง สำหรับความสูญเสียกำลังไฟฟ้าจริงที่เกิดขึ้นในระบบมีจำนวน 11.68 kW คิดเป็นร้อยละ 0.14 และความสูญเสียกำลังไฟฟ้าเสมือนจำนวน 26.08 kVar คิดเป็นร้อยละ 0.5 ลักษณะไดอะแกรมเส้นเดี่ยวของระบบแสดงดังภาพที่ 3.2

สำหรับระบบที่สองในภาพที่ 3.3 เป็นไดอะแกรมเส้นเดี่ยวกรณีศึกษาระบบจำหน่ายแบบแรงดัน 50 บัส 49 สายจำหน่าย ซึ่งดัดแปลงมาจากส่วนหนึ่งของระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเช่นเดียวกันกับระบบแรก โดยมีโหลดติดตั้งรวมทั้งหมด 13.5 MW 7.4 MVar ความสูญเสียกำลังไฟฟ้าจริงที่เกิดขึ้นในระบบจำหน่ายมีจำนวน 75.47 kW คิดเป็นร้อยละ 0.56 และความสูญเสียกำลังไฟฟ้าเสมือนจำนวน 136.03 kVar คิดเป็นร้อยละ 1.84

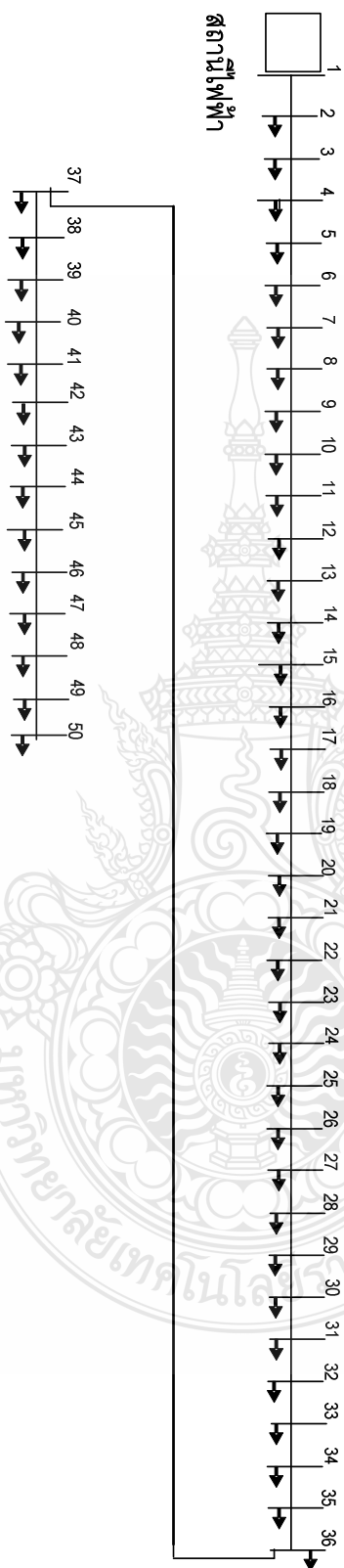
สุดท้ายระบบที่สามในภาพที่ 3.4 เป็นไดอะแกรมเส้นเดี่ยวกรณีศึกษาระบบจำหน่ายแบบแรงดัน 59 บัส 58 สายจำหน่าย ซึ่งดัดแปลงมาจากส่วนหนึ่งของระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเช่นเดียวกันกับระบบแรก โดยมีโหลดติดตั้งรวมทั้งหมด 12.17 MW 6.71 MVar ความสูญเสียกำลังไฟฟ้าจริงที่เกิดขึ้นในระบบจำหน่ายมีจำนวน 122.49 kW คิดเป็นร้อยละ 0.1 และความสูญเสียกำลังไฟฟ้าเสมือนจำนวน 279.41 kVar คิดเป็นร้อยละ 4.0

ตารางที่ 3.1-3.3 เป็นข้อมูลระบบจำหน่าย 26 บัส 50 บัส และ 59 บัส ตามลำดับซึ่งประกอบด้วยขนาดกำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้าเสมือนของโหลดในแต่ละบัสซึ่งเป็นโหลด 100 เปอร์เซ็นต์ตามพิกัดติดตั้งโดยคิดจากการจำนวนหม้อแปลงในระบบจำหน่ายที่เพาเวอร์แฟกเตอร์เท่ากับ 0.875 และข้อมูลสายจะเป็นค่าความต้านและค่ารีแอคแตนซ์ของสายในระบบเปอร์เซ็นต์รวมถึงพิกัด MVA ของสาย

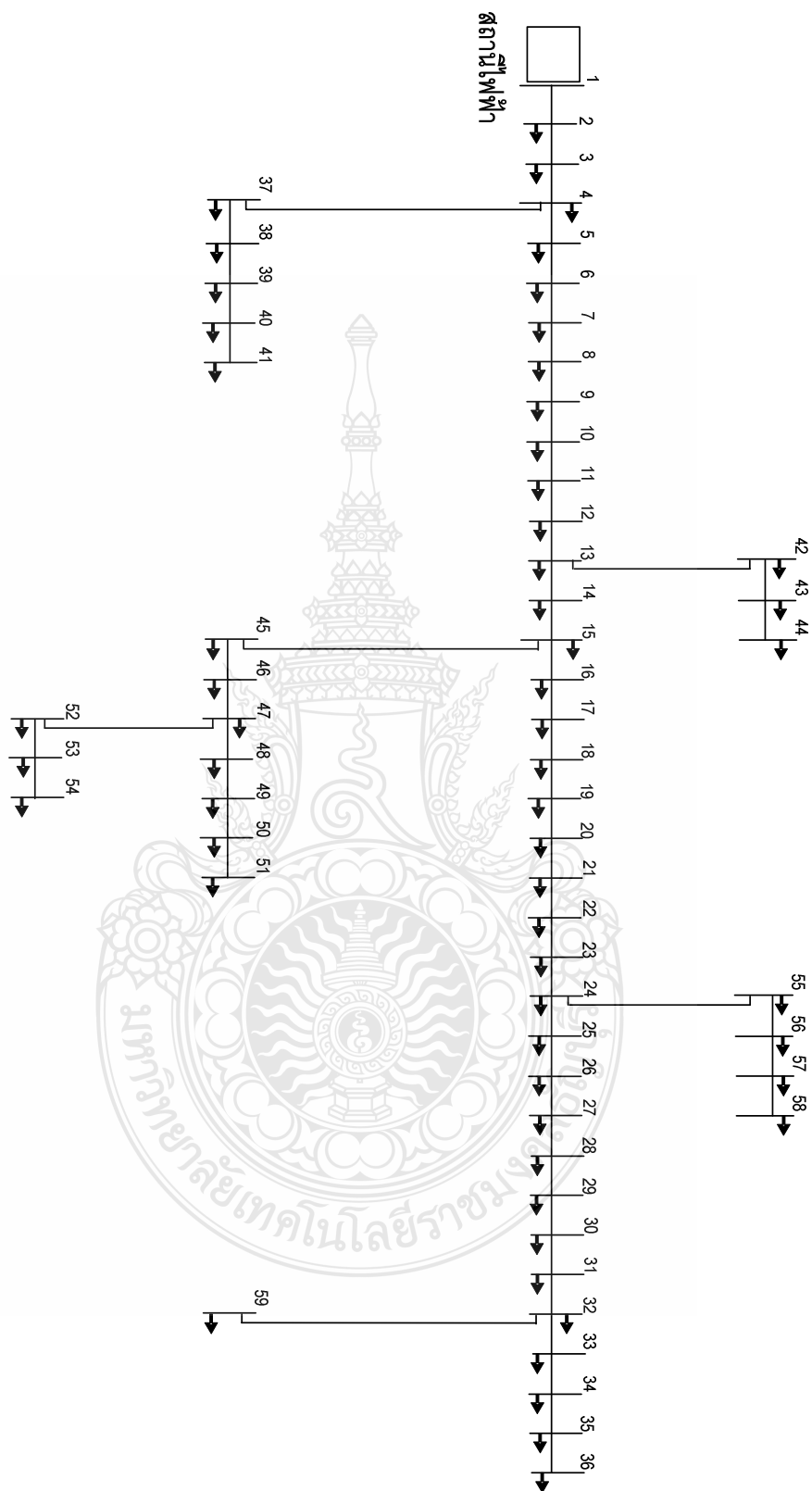


ภาพที่ 3.2 แผนภาพเส้นเดียวของแบบจำลองระบบจำหน่ายแบบเรเดียล 26 บัส





ภาพที่ 3.3 แผนภาพเส้นเดี่ยวยของแบบจำลองระบบจำหน่ายแบบเรเดียล 50 บัส



ภาพที่ 3.4 แผนภาพเส้นเดียวของแบบจำลองระบบจำหน่ายแบบเรเดียล 59 บัส

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลระบบจำหน่าย 26 บัส ซึ่งประกอบด้วยขนาดของโหลดในแต่ละบัสทั้งกำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้าเสมือนในส่วนข้อมูลสายจำหน่ายประกอบด้วยค่าความต้านทาน ค่ารีแอกแตนซ์ ซึ่งทั้งสองค่าจะอยู่ในรูปเปอร์เซ็นต์รวมถึงค่าพิกัด MVA ของสายจำหน่าย [2]

ข้อมูลบัส			ข้อมูลสายจำหน่าย				
บัส	โหลด		จากบัส	ถึงบัส	R (p.u.)	X (p.u.)	พิกัดสาย (MVA)
	(MW)	(MVar)					
1	0.000	0.000	1	2	0.000177	0.000319	20
2	0.369	0.221	2	3	0.000469	0.001089	20
3	0.369	0.221	3	4	0.000054	0.000129	20
4	0.369	0.221	3	5	0.000362	0.000840	20
5	0.369	0.221	5	6	0.000053	0.000127	20
6	0.369	0.221	5	7	0.000067	0.000156	20
7	0.369	0.221	7	8	0.000253	0.000498	16
8	0.369	0.221	8	9	0.000068	0.000134	16
9	0.369	0.221	9	10	0.000192	0.000377	16
10	0.369	0.221	10	11	0.000040	0.000078	16
11	0.369	0.221	8	12	0.000301	0.000592	16
12	0.369	0.221	12	13	0.000127	0.000250	16
13	0.369	0.221	7	14	0.000336	0.000780	20
14	0.369	0.221	14	15	0.000022	0.000054	20
15	0.369	0.221	15	16	0.000032	0.000075	20
16	0.369	0.221	16	17	0.000015	0.000036	20
17	0.214	0.076	14	18	0.000415	0.000963	20
18	0.272	0.210	18	19	0.000090	0.000210	20
19	0.369	0.221	19	20	0.000881	0.002045	20
20	0.369	0.221	20	21	0.000204	0.000473	20
21	0.369	0.221	20	22	0.001626	0.003772	20
22	0.369	0.221	22	23	0.000014	0.000034	20
23	0.250	0.200	19	24	0.000128	0.000297	20
24	0.250	0.200	19	25	0.000845	0.001960	20
25	0.250	0.200	25	26	0.000919	0.002131	20
26	0.250	0.200					

ตารางที่ 3.2 ข้อมูลระบบจำหน่าย 50 บัส ซึ่งประกอบด้วยขนาดของโหลดในแต่ละบัสทั้งกำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้าเสมือนในส่วนข้อมูลสายจำหน่ายประกอบด้วยค่าความต้านทาน ค่ารีแอกแตนซ์ ซึ่งทั้งสองค่าจะอยู่ในรูปเปอร์เซ็นต์ รวมถึงค่าพิกัด MVA ของสายจำหน่าย [2]

ข้อมูลบัส			ข้อมูลสายจำหน่าย				
บัส	โหลด		จากบัส	ถึงบัส	R (p.u.)	X (p.u.)	พิกัดสาย (MVA)
	(MW)	(MVar)					
1	0.00	0.00	1	2	0.000177	0.000319	20
2	0.276	0.152	2	3	0.000177	0.000319	20
3	0.276	0.152	3	4	0.000177	0.000319	20
4	0.276	0.152	4	5	0.000177	0.000319	20
5	0.276	0.152	5	6	0.000177	0.000319	20
6	0.276	0.152	6	7	0.000177	0.000319	20
7	0.276	0.152	7	8	0.000177	0.000319	20
8	0.276	0.152	8	9	0.000177	0.000319	20
9	0.276	0.152	9	10	0.000177	0.000319	20
10	0.276	0.152	10	11	0.000177	0.000319	20
11	0.276	0.152	11	12	0.000177	0.000319	20
12	0.276	0.152	12	13	0.000177	0.000319	20
13	0.276	0.152	13	14	0.000177	0.000319	20
14	0.276	0.152	14	15	0.000177	0.000319	20
15	0.276	0.152	15	16	0.000177	0.000319	20
16	0.276	0.152	16	17	0.000177	0.000319	20
17	0.276	0.152	17	18	0.000177	0.000319	20
18	0.276	0.152	18	19	0.000177	0.000319	20
19	0.276	0.152	19	20	0.000177	0.000319	20
20	0.276	0.152	20	21	0.000177	0.000319	20
21	0.276	0.152	21	22	0.000177	0.000319	20
22	0.276	0.152	22	23	0.000177	0.000319	20
23	0.276	0.152	23	24	0.000177	0.000319	20
24	0.276	0.152	24	25	0.000177	0.000319	20
25	0.276	0.152	25	26	0.000177	0.000319	20
26	0.276	0.152	26	27	0.000177	0.000319	20

ตารางที่ 3.2 ข้อมูลระบบจำหน่าย 50 บัส ซึ่งประกอบด้วยขนาดของโหลดในแต่ละบัสทั้งกำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้าเสมือนในส่วนข้อมูลสายจำหน่ายประกอบด้วยค่าความต้านทาน ค่ารีแอกแตนซ์ ซึ่งทั้งสองค่าจะอยู่ในรูปเปอร์เซ็นต์ รวมถึงค่าพิกัด MVA ของสายจำหน่าย [2] (ต่อ)

ข้อมูลบัส			ข้อมูลสายจำหน่าย				
บัส	โหลด		จากบัส	ถึงบัส	R (p.u.)	X (p.u.)	พิกัดสาย (MVA)
	(MW)	(MVar)					
27	0.276	0.152	27	28	0.000177	0.000319	20
28	0.276	0.152	28	29	0.000177	0.000319	20
29	0.276	0.152	29	30	0.000177	0.000319	20
30	0.276	0.152	30	31	0.000177	0.000319	20
31	0.276	0.152	31	32	0.000177	0.000319	20
32	0.276	0.152	32	33	0.000177	0.000319	20
33	0.276	0.152	33	34	0.000177	0.000319	20
34	0.276	0.152	34	35	0.000177	0.000319	20
35	0.276	0.152	35	36	0.000177	0.000319	20
36	0.276	0.152	36	37	0.000177	0.000319	20
37	0.276	0.152	37	38	0.000177	0.000319	20
38	0.276	0.152	38	39	0.000177	0.000319	20
39	0.276	0.152	39	40	0.000177	0.000319	20
40	0.276	0.152	40	41	0.000177	0.000319	20
41	0.276	0.152	41	42	0.000177	0.000319	20
42	0.276	0.152	42	43	0.000177	0.000319	20
43	0.276	0.152	43	44	0.000177	0.000319	20
44	0.276	0.152	44	45	0.000177	0.000319	20
45	0.276	0.152	45	46	0.000177	0.000319	20
46	0.276	0.152	46	47	0.000177	0.000319	20
47	0.276	0.152	47	48	0.000177	0.000319	20
48	0.276	0.152	48	49	0.000177	0.000319	20
49	0.276	0.152	49	50	0.000177	0.000319	20
50	0.276	0.152					

ตารางที่ 3.3 ข้อมูลระบบจำหน่าย 59 บัส ซึ่งประกอบด้วยขนาดของโหลดในแต่ละบัสทั้งกำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้าเสมือนในส่วนข้อมูลสายจำหน่ายประกอบด้วยค่าความต้านทาน ค่ารีแอกแตนซ์ ซึ่งทั้งสองค่าจะอยู่ในรูปเปอร์เซ็นต์ รวมถึงค่าพิกัด MVA ของสายจำหน่าย [2]

ข้อมูลบัส			ข้อมูลสายจำหน่าย				
บัส	โหลด		จากบัส	ถึงบัส	R (p.u.)	X (p.u.)	พิกัดสาย (MVA)
	(MW)	(MVar)					
1	0.00	0.00	1	2	0.000266	0.000617	20
2	0.276	0.152	2	3	0.000217	0.000504	20
3	0.018	0.010	3	4	0.000131	0.000304	20
4	0.088	0.048	4	5	0.001818	0.004217	20
5	0.551	0.305	5	6	0.000357	0.000852	20
6	0.276	0.152	6	7	0.000350	0.000811	20
7	0.276	0.152	7	8	0.000684	0.001587	20
8	0.088	0.048	8	9	0.000075	0.000174	20
9	0.350	0.194	9	10	0.000501	0.001161	20
10	0.276	0.305	10	11	0.000642	0.001488	20
11	0.551	0.305	11	12	0.000375	0.000870	20
12	0.018	0.010	12	13	0.001092	0.002533	20
13	0.350	0.194	13	14	0.000556	0.001290	20
14	0.044	0.024	14	15	0.000482	0.001117	20
15	0.551	0.305	15	16	0.000801	0.001858	20
16	0.044	0.024	16	17	0.000551	0.001084	16
17	0.276	0.152	17	18	0.000258	0.000507	16
18	0.276	0.152	18	19	0.000576	0.001134	16
19	0.018	0.010	19	20	0.000425	0.000835	16
20	0.350	0.194	20	21	0.000472	0.000928	16
21	0.044	0.024	21	22	0.000143	0.000282	16
22	0.018	0.010	22	23	0.000151	0.000296	16
23	0.276	0.152	23	24	0.000532	0.001047	16
24	0.044	0.024	24	25	0.000214	0.000421	16
25	0.350	0.194	25	26	0.000149	0.000294	16
26	0.044	0.024	26	27	0.000149	0.000294	16

ตารางที่ 3.3 ข้อมูลระบบจำหน่าย 59 บัส ซึ่งประกอบด้วยขนาดของโหลดในแต่ละบัสทั้งกำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้าเสมือนในส่วนข้อมูลสายจำหน่ายประกอบด้วยค่าความต้านทาน ค่ารีแอกแตนซ์ ซึ่งทั้งสองค่าจะอยู่ในรูปเปอร์เซ็นต์ รวมถึงค่าพิกัด MVA ของสายจำหน่าย [2] (ต่อ)

ข้อมูลบัส			ข้อมูลสายจำหน่าย				
บัส	โหลด		จากบัส	ถึงบัส	R (p.u.)	X (p.u.)	พิกัดสาย (MVA)
	(MW)	(MVar)					
27	0.276	0.152	27	28	0.001344	0.002644	16
28	0.044	0.024	28	29	0.000475	0.000935	16
29	0.018	0.010	29	30	0.000447	0.000880	16
30	0.276	0.152	30	31	0.002009	0.003952	16
31	0.044	0.024	31	32	0.000755	0.001486	16
32	0.350	0.194	32	33	0.002040	0.004013	16
33	0.551	0.305	33	34	0.000679	0.001335	16
34	0.088	0.048	34	35	0.002319	0.004562	16
35	0.276	0.152	35	36	0.001262	0.002482	16
36	0.276	0.152	4	37	0.001210	0.000854	6
37	0.088	0.048	37	38	0.001210	0.000854	6
38	0.088	0.048	38	39	0.002456	0.001734	6
39	0.088	0.048	39	40	0.001239	0.000875	6
40	0.276	0.152	40	41	0.000146	0.000103	6
41	0.088	0.048	13	42	0.004377	0.002425	7
42	0.088	0.048	42	43	0.005415	0.003000	7
43	0.044	0.024	43	44	0.001897	0.001051	7
44	0.350	0.194	15	45	0.000436	0.001012	20
45	0.276	0.152	45	46	0.000850	0.004291	20
46	0.551	0.305	46	47	0.000437	0.001013	20
47	0.276	0.152	47	48	0.000822	0.001907	20
48	0.551	0.305	48	49	0.000505	0.001170	20
49	0.018	0.010	49	50	0.000932	0.002163	20
50	0.088	0.048	50	51	0.000453	0.000251	7
51	0.276	0.152	47	52	0.002631	0.001457	7
52	0.018	0.010	52	53	0.001095	0.000607	7

ตารางที่ 3.3 ข้อมูลระบบจำหน่าย 59 บัส ซึ่งประกอบด้วยขนาดของโหลดในแต่ละบัสทั้งกำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้าเสมือนในส่วนข้อมูลสายจำหน่ายประกอบด้วยค่าความต้านทาน ค่ารีแอกแตนซ์ ซึ่งทั้งสองค่าจะอยู่ในรูปเปอร์เซ็นต์ รวมถึงค่าพิกัด MVA ของสายจำหน่าย [2] (ต่อ)

ข้อมูลบัส			ข้อมูลสายจำหน่าย				
บัส	โหลด		จากบัส	ถึงบัส	R (p.u.)	X (p.u.)	พิกัดสาย (MVA)
	(MW)	(MVar)					
53	0.044	0.024	53	54	0.000306	0.000170	7
54	0.350	0.194	24	55	0.000205	0.000402	16
55	0.276	0.152	55	56	0.000205	0.000834	16
56	0.350	0.194	56	57	0.000356	0.000701	16
57	0.044	0.024	57	58	0.007182	0.005071	6
58	0.276	0.152	32	59	0.008451	0.005968	6
59	0.018	0.010					

3.3 สรุป

วิทยานิพนธ์นี้ใช้โปรแกรม MATLAB M-File เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์กำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบจำหน่าย โดยเลือกใช้แบบจำลองระบบจำหน่ายเรเดียล 26 บัส 50 บัส และ 59 บัส ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เขต 1 ภาคกลาง เป็นระบบที่นำมาใช้ในวิทยานิพนธ์ เพื่อการศึกษา กำลังไฟฟ้าสูญเสียระบบก่อนติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจาย และระบบที่มีการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายเข้าไปในระบบแล้ว โดยระบบจำหน่ายแบบเรเดียล 26 บัส แรกเริ่ม กำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟที่สูญเสียรวมในระบบขนาด 11.68 kW 26.08 kVar สำหรับระบบที่สองระบบจำหน่ายแบบเรเดียล 50 บัส แรกเริ่มกำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟที่สูญเสียรวมในระบบขนาด ที่เกิดขึ้นในระบบจำหน่ายมีจำนวน 75.47 kW และความสูญเสียกำลังไฟฟ้าเสมือนจำนวน 136.03 kVar สุดท้ายระบบที่สามระบบจำหน่ายแบบเรเดียล 59 บัส แรกเริ่ม กำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟที่สูญเสียรวมในระบบขนาด 122.49 kW และความสูญเสียกำลังไฟฟ้าเสมือนจำนวน 279.41 kVar

บทที่ 4

ผลการทดลอง

ระบบที่นำมาใช้ในวิทยานิพนธ์นี้ คือระบบจำหน่ายเรเดียล 26 บัส 50 บัส และ 59 บัส ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เขต 1 ภาคกลาง โดยการนำข้อมูลต่างๆ ของระบบมาใช้ในโปรแกรม MATLAB M-File เพื่อวิเคราะห์กำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบและหาบัสที่เหมาะสมในการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายเข้าไปในระบบจำหน่าย โดยใช้วิธีกลุ่มอนุภาคในการหาตำแหน่งที่เหมาะสม ว่าบัสไหนของระบบจำหน่ายที่ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายเข้าไปแล้ว กำลังไฟฟ้าสูญเสียจริงและกำลังไฟฟ้าสูญเสียรีแอกทีฟต่ำที่สุด ก็จะเป็นตำแหน่งที่เหมาะสมในการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายเข้าไปในระบบจำหน่าย

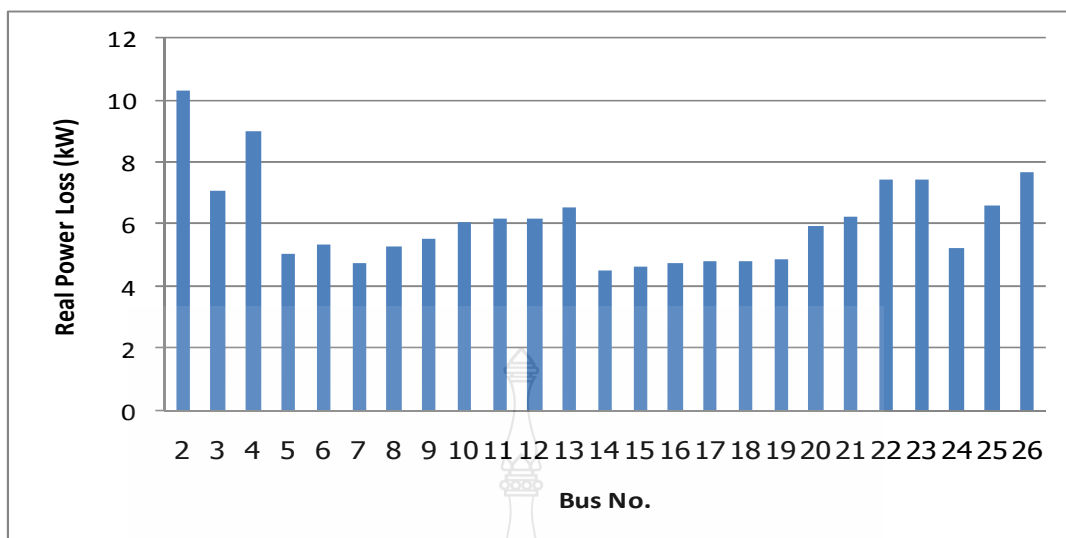
4.1 การปรับปรุงกำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบจำหน่าย 26 บัสที่ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจาย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นการศึกษาการปรับปรุงเสถียรภาพของระบบจำหน่ายแบบเรเดียล 26 บัสของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เขต 1 ภาคกลาง มีกำลังไฟฟ้ารวมของโหลดขนาด จำนวน 8.49 MW และ 5.28 MVar แรกเริ่มกำลังไฟฟ้าจริงที่สูญเสียรวมในระบบขนาด 11.69 kW และกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟที่สูญเสียรวมในระบบขนาด 26.08 kVar ใช้ Base MVA = 10 MVA และ Base kV = 12.66 kV การจำลองการไหลของกำลังใช้แบบกระแสย้อนกลับและแรงดันแบบไปข้างหน้า และหาตำแหน่งการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายที่เหมาะสมโดยวิธีกลุ่มอนุภาค กำหนดให้มีจำนวนอนุภาคในการคำนวณเท่ากับ 100 ค่าถ่วงน้ำหนัก $W_{\min} = 0.4$ และ $W_{\max} = 0.9$ ความเร็วในการค้นหาค่าตอบเท่ากับ 0.5 ค่าความเร่ง $C_1 = 2$ และ $C_2 = 2$ และจำนวนรอบในการค้นหาเท่ากับ 50 รอบ

หลังจากจำลองการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายเข้าไป โดยใช้วิธีกลุ่มอนุภาคหาตำแหน่งติดตั้งที่เหมาะสมที่สุดแล้ว ได้บัสที่เหมาะสมในการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายเข้าไปในระบบ คือ บัสที่ 14 โดยการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายขนาด 6.95 MW ผลการจำลองค่าต่างๆ ของระบบจำหน่าย 26 บัส หลังติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายแสดงดังภาพที่ 4.1-4.3 และ ตารางที่ 4.1-4.2 ตามลำดับ

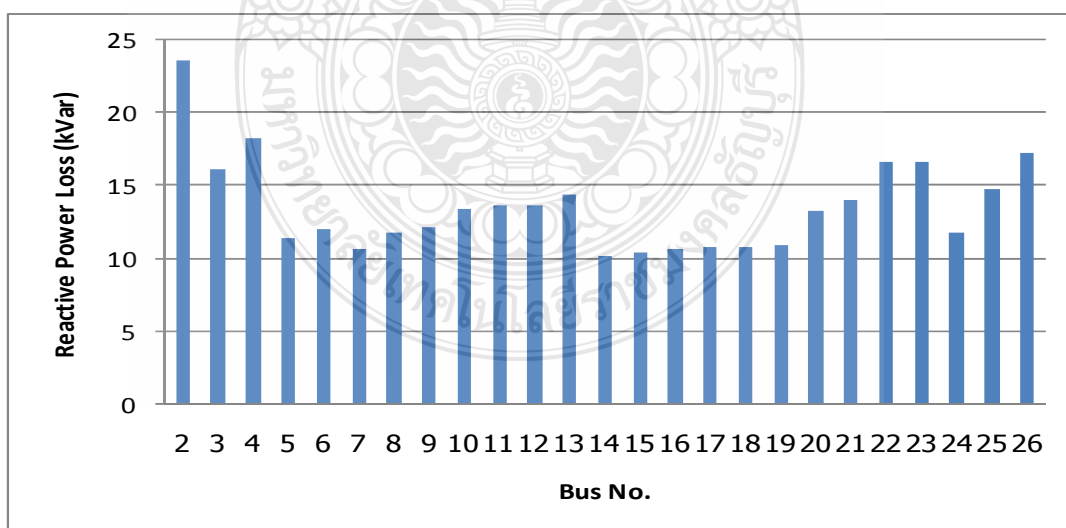
ตารางที่ 4.1 ผลการจำลองค่าต่างๆ ของระบบจำหน่ายแบบเรเดียล 26 บัส หลังติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจาย

บัส	ขนาด DG (MW)	Ploss kW	Qloss kVar
2	8.5068	10.3580	23.6760
3	8.2344	7.1198	16.1569
4	4.6531	9.0117	18.2691
5	7.9300	5.0661	11.3894
6	7.5522	5.3662	12.1020
7	7.8500	4.7659	10.6897
8	6.7758	5.3157	11.7930
9	6.4996	5.5243	12.2208
10	5.8028	6.0993	13.4124
11	5.6693	6.2192	13.6618
12	5.6600	6.2339	13.6948
13	5.2773	6.5771	14.4206
14	6.9486	4.5639	10.2018
15	6.8565	4.6432	10.3937
16	6.7195	4.7710	10.6880
17	6.6535	4.8367	10.8430
18	5.9930	4.8258	10.7728
19	5.8276	4.8788	10.8882
20	4.4188	5.9701	13.3300
21	4.1434	6.2939	14.0584
22	3.0214	7.4594	16.6576
23	3.0127	7.4705	16.6838
24	5.4783	5.2687	11.7739
25	4.1968	6.5990	14.7698
26	3.2110	7.7178	17.2749



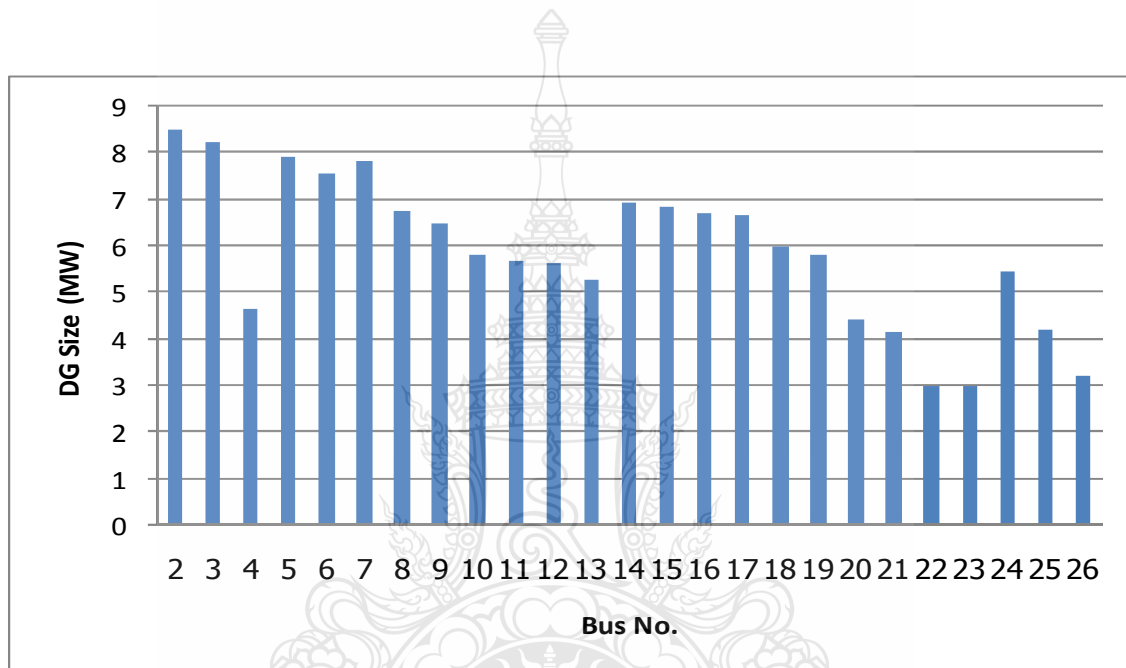
ภาพที่ 4.1 ค่ากำลังไฟฟ้าจริงสูญเสียหลังติดตั้ง DG ของระบบจำหน่าย 26 บัส 25 สายจำหน่าย

ภาพที่ 4.1 แสดงผลของกำลังไฟฟ้าสูญเสียจริงของระบบจำหน่ายหลังติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายที่บัสต่างๆ ของระบบจำหน่าย 26 บัส 25 สายจำหน่าย พบว่าเมื่อติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายเข้าไปที่บัส 14 ทำให้ค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียจริงของระบบจำหน่ายเท่ากับ 4.56 kW ลดลงจากก่อนติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายร้อยละ 60.96 ซึ่งมีค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียจริงต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับบัสอื่นๆ จึงเป็นบัสที่เหมาะสมที่สุด



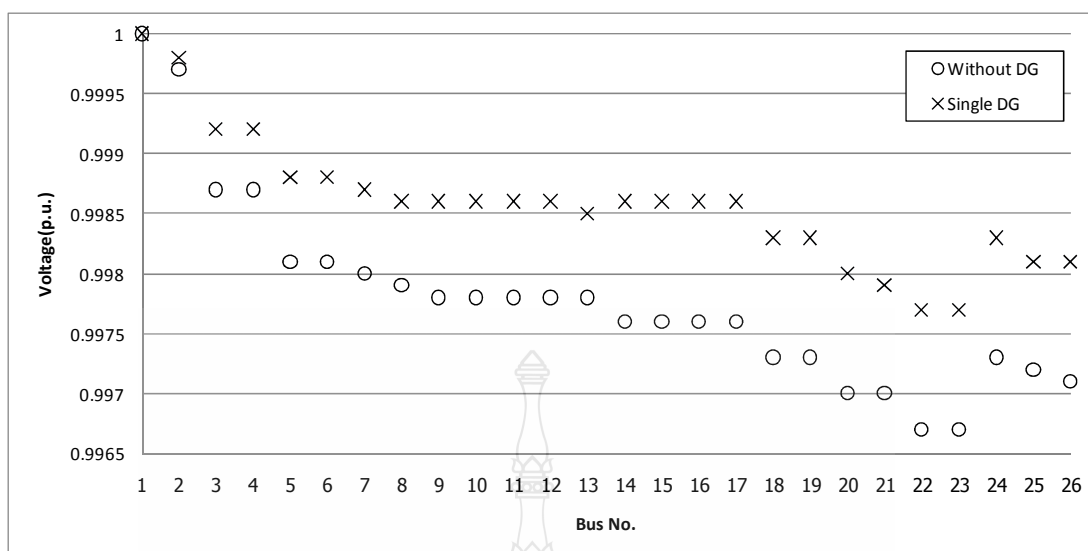
ภาพที่ 4.2 ค่ากำลังไฟฟารีแอกทีฟสูญเสียหลังติดตั้ง DG ของระบบจำหน่าย 26 บัส 25 สายจำหน่าย

ภาพที่ 4.2 แสดงผลของกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟสูญเสียของระบบจำหน่ายหลังติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายที่บัสต่างๆ ของระบบจำหน่าย 26 บัส 25 สายจำหน่าย พบว่าเมื่อติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายบัสที่ 14 มีค่ากำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟสูญเสียของระบบจำหน่ายเท่ากับ 10.20 kVar ลดลงจากก่อนติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายร้อยละ 60.88 ซึ่งมีค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียรีแอกทีฟต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับบัสอื่นๆ จึงเป็นบัสที่เหมาะสมที่สุดในการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจาย



ภาพที่ 4.3 ขนาด DG ที่เหมาะสมของระบบจำหน่าย 26 บัส 25 สายจำหน่าย

ภาพที่ 4.3 แสดงผลของขนาดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายที่เหมาะสมที่สุด ติดตั้งที่บัสต่างๆ ในระบบจำหน่าย 26 บัส 25 สายจำหน่าย ทำให้ค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียมีค่าน้อยที่สุด พบว่าเมื่อติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายบัสที่ 14 ขนาด 6.95 MW ทำให้ระบบจำหน่ายมีค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียจริงของเท่ากับ 4.56 kW ลดลงจากก่อนติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายร้อยละ 60.96 และกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟสูญเสียเท่ากับ 10.20 kVar ลดลงจากก่อนติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายร้อยละ 60.88 ซึ่งเป็นบัสที่เหมาะสมที่สุดที่จะติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจาย เพราะทำให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบจำหน่ายมีค่าน้อยที่สุด



ภาพที่ 4.4 ขนาดแรงดันที่บัสต่างๆ ก่อนและหลังติดตั้ง DG ของระบบจำหน่าย 26 บัส

ภาพที่ 4.4 แสดงผลขนาดแรงดันที่บัสต่างๆ ก่อนและหลังติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายของระบบจำหน่าย 26 บัส 25 สายจำหน่าย พบว่าแรงดันที่เป็น WEAK BUS คือบัสที่ 23 ดีขึ้นจากเดิม ก่อนติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายมีแรงดันเท่ากับ 0.9967 p.u. หลังจากติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายเข้าไป แรงดันเท่ากับ 0.9977 p.u. ยังทำให้แรงดันไฟฟ้าในทุกๆ บัสดีขึ้นกว่าเดิม

ตารางที่ 4.2 การหาตำแหน่งติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายที่เหมาะสมโดยใช้ PSO ของ 26 บัส

System	Method	Bus No.	DG Size MW	Ploss kW	Qloss kVar	Loss Reduction %	
						Real	Reactive
26 Bus	Load Flow Analysis			11.69	26.08		
	PSO	6	7.5522	5.3662	12.1020	54.1056	53.5987
		12	5.6600	6.2339	13.6948	46.6846	47.4916
		13	5.2773	6.5771	14.4206	43.7494	44.7088
		14	6.9486	4.5639	10.2018	60.9672	60.8844
		15	6.8565	4.6432	10.3937	60.2890	60.1486
		16	6.7195	4.7710	10.6880	59.1960	59.0202

จากตารางที่ 4.2 หลังจากติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายเข้าไปในระบบจำหน่ายแบบเรเดียล 26 บัส ในตำแหน่งและขนาดที่เหมาะสมแล้ว สามารถลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียจริงและกำลังไฟฟ้าสูญเสียรีแอกทีฟได้ถึงร้อยละ 60.96 และ 60.88 ตามลำดับ ทำให้ระบบมีเสถียรภาพมากขึ้น

จากผลการจำลองระบบจำหน่ายแบบเรเดียล 26 บัส หลังติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจาย ขนาด 6.95 MW เข้าไปโดยใช้วิธีกลุ่มอนุภาคหาตำแหน่งติดตั้งที่เหมาะสมที่สุดแล้ว ได้บัสที่เหมาะสมในการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจาย เข้าไปในระบบ คือ บัสที่ 14 มีกำลังไฟฟ้าจริงเท่ากับ 4.5639 kW และกำลังไฟฟารีแอกทีฟเท่ากับ 10.2018 kVar เพราะกำลังไฟฟ้าสูญเสียจริงและกำลังไฟฟ้าสูญเสียรีแอกทีฟต่ำที่สุด จึงเหมาะที่จะติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายเข้าไปเพื่อชดเชยกำลังไฟฟ้าในระบบให้ดีขึ้นและยังทำให้แรงดันไฟฟ้าในทุกๆ บัสดีขึ้นกว่าเดิม ส่วนแรงดันบัสที่เป็น WEAK BUS ก็ดีขึ้นกว่าเดิม จากบัสที่ 23 ก่อนติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายมีแรงดันเท่ากับ 0.9967 p.u. หลังจากติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายเข้าไป แรงดันเท่ากับ 0.9977 p.u. ซึ่งเป็นผลมาจากการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายขนาด 6.94 MW เข้าไปในระบบจำหน่าย แล้วทำให้แรงดันที่ WEAK BUS มีค่าดีขึ้น

4.2 การปรับปรุงกำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบจำหน่าย 50 บัสที่ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจาย

ในหัวข้อวิทยานิพนธ์นี้เป็นการศึกษาการปรับปรุงกำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบจำหน่ายแบบเรเดียล 50 บัส ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เขต 1 ภาคกลาง มีกำลังไฟฟารวมของโหลดขนาดจำนวน 13.5 MW และ 7.4 MVar แรกเริ่มกำลังไฟฟ้าจริงที่สูญเสียรวมในระบบขนาด 75.47 kW และกำลังไฟฟารีแอกทีฟที่สูญเสียรวมในระบบขนาด 136.03 kVar ใช้ Base MVA = 10 MVA และ Base kV = 12.66 kV การจำลองการไหลของกำลังใช้แบบกระจายย้อนกลับและแรงดันแบบไปข้างหน้า และหาตำแหน่งการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายที่เหมาะสมโดยวิธีกลุ่มอนุภาค กำหนดให้มีจำนวนอนุภาคในการคำนวณเท่ากับ 100 ค่าถ่วงน้ำหนัก $W_{\min} = 0.4$ และ $W_{\max} = 0.9$ ความเร็วในการค้นหาคำตอบเท่ากับ 0.5 ค่าความเร่ง $C_1 = 2$ และ $C_2 = 2$ และจำนวนรอบในการค้นหาเท่ากับ 50 รอบ

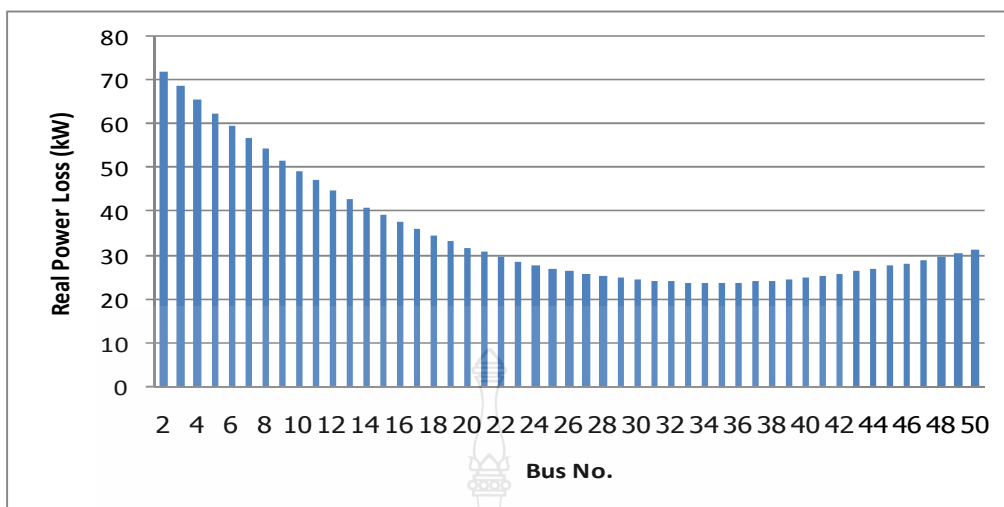
หลังจากจำลองการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายเข้าไปโดยใช้วิธีกลุ่มอนุภาคหาตำแหน่งติดตั้งที่เหมาะสมที่สุดแล้ว ได้บัสที่เหมาะสมในการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายเข้าไปในระบบ คือ บัสที่ 34 โดยการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายขนาด 9.10 MW ผลการจำลองค่าต่างๆ ของระบบจำหน่าย 50 บัส หลังติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายแสดงดังภาพที่ 4.5-4.8 และตารางที่ 4.3-4.4 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.3 ผลการจำลองค่าต่างๆ ของระบบจำหน่ายแบบเรเดียล 50 บัส หลังติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจาย

บัส	ขนาด DG (MW)	Ploss (kW)	Qlossb (kVar)
2	13.5950	72.0678	129.8849
3	13.4527	68.7935	123.9838
4	13.3105	65.6529	118.3236
5	13.1684	62.6440	112.9008
6	13.0265	59.7650	107.7120
7	12.8848	57.0139	102.7538
8	12.7432	54.3889	98.0229
9	12.6017	51.8880	93.5157
10	12.4603	49.5094	89.2289
11	12.3191	47.2511	85.1588
12	12.1780	45.1112	81.3021
13	12.0371	43.0877	77.6552
14	11.8962	41.1787	74.2146
15	11.7555	39.3821	70.9768
16	11.6149	37.6961	67.9381
17	11.4745	36.1186	65.0950
18	11.3341	34.6476	62.4439
19	11.1939	33.2811	59.9813
20	11.0538	32.0172	57.7033
21	10.9137	30.8538	55.6065
22	10.7738	29.7888	53.6872
23	10.6340	28.8203	51.9417
24	10.4943	27.9462	50.3663
25	10.3547	27.1644	48.9574
26	10.2152	26.4729	47.7111
27	10.0758	25.8697	46.6239

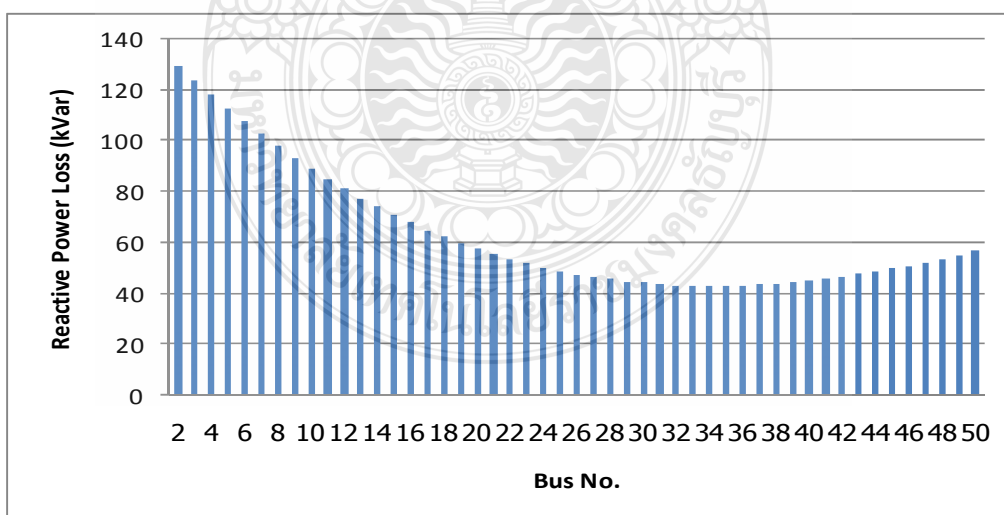
ตารางที่ 4.3 ผลการจำลองค่าต่างๆ ของระบบจำหน่ายแบบเรเดียล 50 บัส หลังติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจาย (ต่อ)

บัส	ขนาด DG (MW)	Ploss (kW)	Qloss (kVar)
28	9.9365	25.3525	45.6919
29	9.7972	24.9195	44.9114
30	9.6581	24.5684	44.2787
31	9.5191	24.2973	43.7900
32	9.3801	24.1039	43.4415
33	9.2412	23.9862	43.2294
34	9.1024	23.9421	43.1499
35	8.9637	23.9695	43.1992
36	8.8250	24.0662	43.3735
37	8.6864	24.2301	43.6690
38	8.5479	24.4591	44.0817
39	8.4095	24.7511	44.6080
40	8.2711	25.1039	45.2438
41	8.1328	25.5154	45.9854
42	7.9945	25.9834	46.8289
43	7.8564	26.5058	47.7703
44	7.7182	27.0804	48.8059
45	7.5801	27.7050	49.9317
46	7.4421	28.3776	51.1438
47	7.3041	29.0959	52.4383
48	7.1662	29.8577	53.8114
49	7.0283	30.6609	55.2590
50	6.8904	31.5034	56.7773



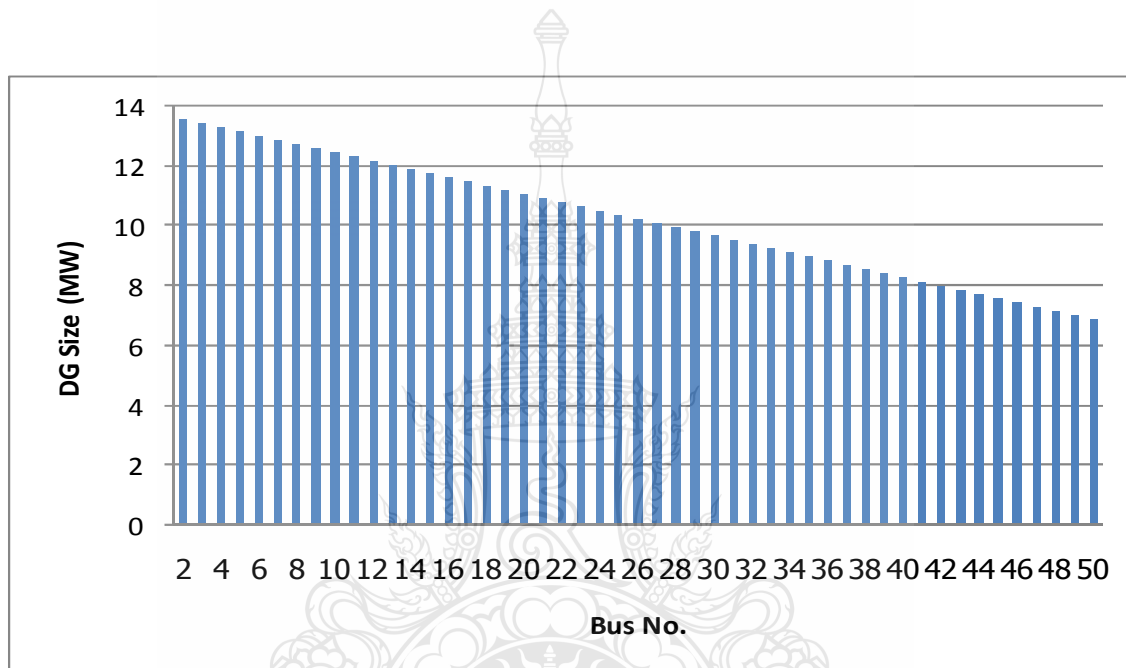
ภาพที่ 4.5 ค่ากำลังไฟฟ้าจริงสูญเสียหลังติดตั้ง DG ของระบบจำหน่าย 50 บัส 49 สายจำหน่าย

ภาพที่ 4.5 แสดงผลของกำลังไฟฟ้าสูญเสียจริงของระบบจำหน่ายหลังติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายที่บัสต่างๆ ของระบบจำหน่าย 50 บัส 49 สายจำหน่าย พบว่าเมื่อติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายเข้าไปที่บัส 34 ทำให้ค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียจริงของระบบจำหน่ายเท่ากับ 23.94 kW ลดลงจากก่อนติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายร้อยละ 68.28 ซึ่งมีค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียจริงต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับบัสอื่นๆ จึงเป็นบัสที่เหมาะสมที่สุด



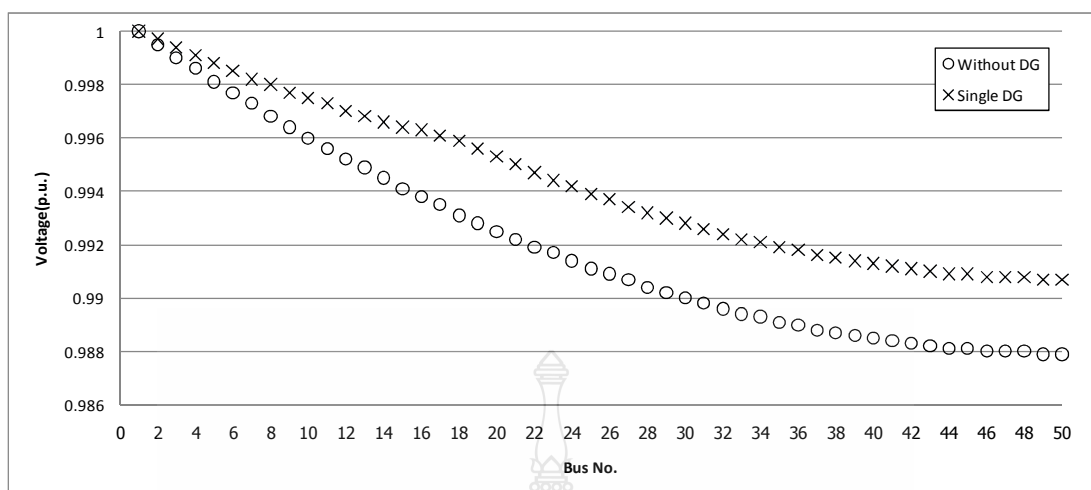
ภาพที่ 4.6 ค่ากำลังไฟฟารีแอกทีฟสูญเสียหลังติดตั้ง DG ของระบบจำหน่าย 50 บัส 49 สายจำหน่าย

ภาพที่ 4.6 แสดงผลของกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟสูญเสียของระบบจำหน่ายหลังติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายที่บัสต่างๆ ของระบบจำหน่าย 50 บัส 49 สายจำหน่าย พบว่าเมื่อติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายบัสที่ 34 มีค่ากำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟสูญเสียของระบบจำหน่ายเท่ากับ 43.15 kVar ลดลงจากก่อนติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายร้อยละ 68.28 ซึ่งมีค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียรีแอกทีฟต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับบัสอื่นๆ จึงเป็นบัสที่เหมาะสมที่สุดในการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจาย



ภาพที่ 4.7 ขนาด DG ที่เหมาะสมของระบบจำหน่าย 50 บัส 49 สายจำหน่าย

ภาพที่ 4.7 แสดงผลของขนาดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายที่เหมาะสมที่สุด ติดตั้งที่บัสต่างๆ ในระบบจำหน่าย 50 บัส 49 สายจำหน่าย ทำให้ค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียมีค่าน้อยที่สุด พบว่าเมื่อติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายบัสที่ 34 ขนาด 9.10 MW ทำให้ระบบจำหน่ายมีค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียจริงของเท่ากับ 23.94 kW ลดลงจากก่อนติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายร้อยละ 68.28 และกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟสูญเสียเท่ากับ 43.15 kVar ลดลงจากก่อนติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายร้อยละ 68.28 ซึ่งเป็นบัสที่เหมาะสมที่สุดที่จะติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจาย เพราะทำให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบจำหน่ายมีค่าน้อยที่สุด



ภาพที่ 4.8 ขนาดแรงดันที่บัสต่างๆ ก่อนและหลังติดตั้ง DG ของระบบจำหน่าย 50 บัส

ภาพที่ 4.8 แสดงผลขนาดแรงดันที่บัสต่างๆ ก่อนและหลังติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายของระบบจำหน่าย 50 บัส 49 สายจำหน่าย พบว่าแรงดันที่เป็น WEAK BUS คือบัสที่ 50 ดีขึ้นจากเดิม ก่อนติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายมีแรงดันเท่ากับ 0.9879 p.u. หลังจากติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายเข้าไป แรงดันเท่ากับ 0.9907 p.u. และยังทำให้แรงดันไฟฟ้าในทุกๆ บัสดีขึ้นกว่าเดิม

ตารางที่ 4.4 การหาตำแหน่งติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายที่เหมาะสมโดยใช้ PSO ของ 50 บัส

System	Method	Bus No.	DG Size MW	Ploss kW	Qloss kVar	Loss Reduction %	
						Real	Reactive
50 Bus	Load Flow Analysis			75.47	136.03		
	PSO	9	12.6017	51.8880	93.5157	31.2536	31.2536
		18	11.3341	34.6476	62.4439	54.0954	54.0954
		24	10.4943	27.9462	50.3663	62.9741	62.9741
		34	9.1024	23.9421	43.1499	68.2791	68.2791
		38	8.5479	24.2591	44.0817	67.5941	67.5941
		50	6.8904	31.5034	56.7773	58.2612	58.2611

จากตารางที่ 4.4 หลังจากติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายเข้าไปในระบบจำหน่ายแบบเรเดียล 50 บัส 49 สายจำหน่าย ในตำแหน่งและขนาดที่เหมาะสมแล้ว สามารถลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียจริงและกำลังไฟฟ้าสูญเสียรีแอกทีฟได้ถึงร้อยละ 68.27 และ 68.27 ตามลำดับ ทำให้ระบบมีเสถียรภาพมากขึ้น

จากผลการจำลองระบบจำหน่ายแบบเรเดียล 50 บัส หลังติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจาย ขนาด 9.1024 MW เข้าไปโดยใช้วิธีกลุ่มอนุภาคหาตำแหน่งติดตั้งที่เหมาะสมที่สุดแล้ว ได้บัสที่เหมาะสมในการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายเข้าไปในระบบ คือ บัสที่ 34 มีกำลังไฟฟ้าจริงเท่ากับ 23.9421 kW และกำลังไฟฟารีแอกทีฟเท่ากับ 43.1499 kVar เพราะกำลังไฟฟ้าสูญเสียจริงและกำลังไฟฟ้าสูญเสียรีแอกทีฟต่ำที่สุด จึงเหมาะที่จะติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายเข้าไปเพื่อชดเชยกำลังไฟฟ้าในระบบให้ดีขึ้นและยังทำให้แรงดันไฟฟ้าในทุกๆ บัสดีขึ้นกว่าเดิม ส่วนแรงดันบัสที่เป็น WEAK BUS ก็ดีขึ้นจากเดิม จากบัสที่ 50 ก่อนติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายมีแรงดันเท่ากับ 0.9879 p.u. หลังจากติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายแรงดันเท่ากับ 0.9907 p.u. ซึ่งเป็นผลมาจากการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายขนาด 9.1024 MW เข้าไปในระบบจำหน่าย แล้วทำให้ WEAK BUS มีค่าแรงดันดีขึ้น

4.3 การปรับปรุงกำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบจำหน่าย 59 บัสที่ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจาย

ในหัวข้อวิทยานิพนธ์นี้เป็นการศึกษาการปรับปรุงเสถียรภาพของระบบจำหน่ายแบบเรเดียล 59 บัส ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เขต 1 ภาคกลาง มีกำลังไฟฟารวมของโหลดขนาด จำนวน 12.17 MW และ 6.71 MVar แรกเริ่มกำลังไฟฟ้าจริงที่สูญเสียรวมในระบบขนาด 123.13 kW และกำลังไฟฟารีแอกทีฟที่สูญเสียรวมในระบบขนาด 280.87 kVar ใช้ Base MVA = 10 MVA และ Base kV = 12.66 kV การจำลองการไหลของกำลังใช้แบบกระแสย้อนกลับและแรงดันแบบไปข้างหน้า และหาตำแหน่งการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายที่เหมาะสมโดยวิธีกลุ่มอนุภาค กำหนดให้มีจำนวนอนุภาคในการคำนวณเท่ากับ 100 ค่าถ่วงน้ำหนัก $W_{\min} = 0.4$ และ $W_{\max} = 0.9$ ความเร็วในการค้นหาคำตอบเท่ากับ 0.5 ค่าความเร่ง $C_1 = 2$ และ $C_2 = 2$ และจำนวนรอบในการค้นหาเท่ากับ 100 รอบ

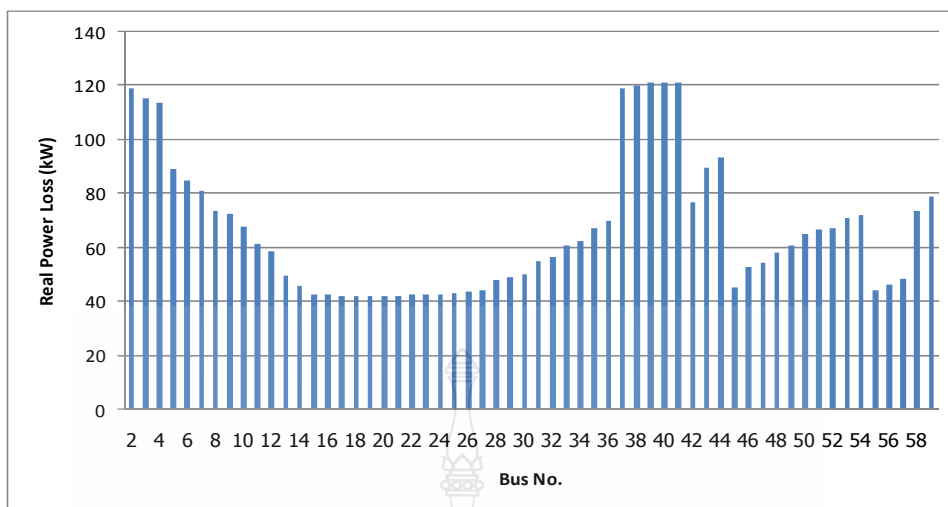
หลังจากจำลองการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายเข้าไปโดยใช้วิธีกลุ่มอนุภาคหาตำแหน่งติดตั้งที่เหมาะสมที่สุดแล้ว ได้บัสที่เหมาะสมในการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายเข้าไปในระบบ คือ บัสที่ 18 โดยการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายขนาด 8.99 MW ผลการจำลองค่าต่างๆ ของระบบจำหน่าย 59 บัส หลังติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายแสดงดังภาพที่ 4.5-4.7 และตารางที่ 4.3-4.4 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.5 ผลการจำลองค่าต่างๆ ของระบบจำหน่ายแบบเรเดียล 59 บัส หลังติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจาย

บัส	ขนาด DG (MW)	Ploss kW	Qloss kVar
2	12.3094	118.9338	271.1260
3	12.1804	115.6525	263.5049
4	12.1412	113.6753	258.9167
5	11.4653	89.3320	202.4503
6	11.3603	84.9935	192.0983
7	11.2485	80.9611	182.754
8	11.0368	73.4914	165.422
9	11.0162	72.6848	163.5507
10	10.8559	67.6922	151.9804
11	10.6599	61.6608	138.0005
12	10.5281	58.5868	130.8687
13	10.2247	49.5687	109.9502
14	10.0400	45.9386	101.5282
15	9.8985	42.7978	94.2496
16	9.4139	42.5514	93.6804
17	9.1281	42.2382	93.0746
18	8.9983	42.1843	92.9904
19	8.7171	42.2617	93.2263
20	8.5291	42.2389	93.2640
21	8.3225	42.4358	93.7685
22	8.2629	42.4890	93.9122
23	8.2014	42.5416	94.0575
24	7.9848	42.9207	94.9723
25	7.8853	43.4130	96.0306
26	7.8138	43.8320	96.9261
27	7.7436	44.2495	97.8207
28	7.1532	48.0977	106.1112
29	6.9706	49.2830	108.7118
30	6.8092	50.3262	111.0191

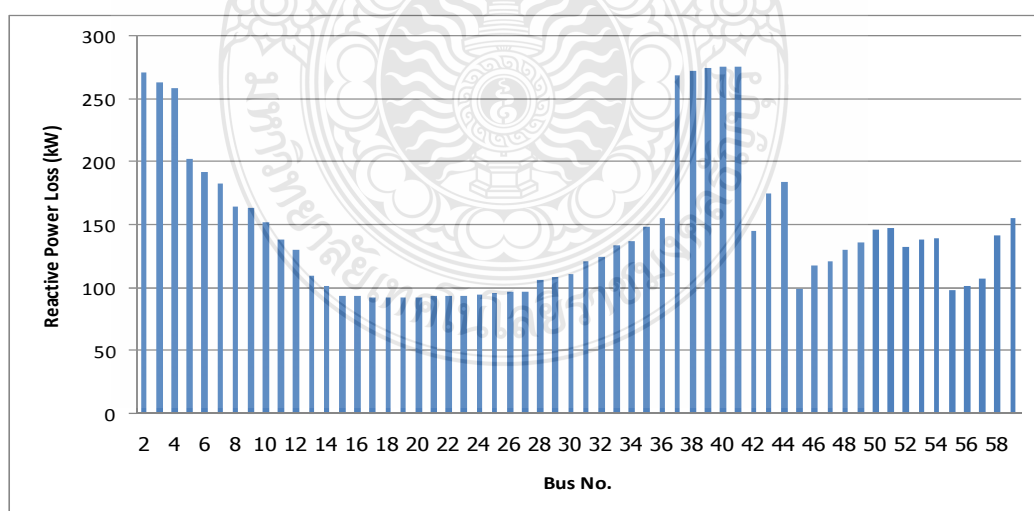
ตารางที่ 4.5 ผลการจำลองค่าต่างๆ ของระบบจำหน่ายแบบเรเดียล 59 บัส หลังติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจาย (ต่อ)

บัส	ขนาด DG (MW)	Ploss kW	Qloss kVar
31	6.1598	54.9438	121.294
32	5.9545	56.4171	124.6333
33	5.4442	60.6750	134.2404
34	5.2776	62.3029	137.8701
35	4.7811	67.3692	149.2592
36	4.5358	70.0241	155.2289
37	4.4305	119.1724	268.6182
38	2.9257	120.4224	272.4827
39	1.7896	121.1902	275.1623
40	1.5523	121.4419	276.0219
41	1.4957	121.4342	275.9991
42	6.3650	77.0117	145.8746
43	4.3394	89.9321	175.4291
44	3.9602	93.2707	184.7491
45	9.4964	45.1622	99.7400
46	8.1133	52.7801	117.4208
47	7.8387	54.6850	121.8409
48	7.3249	58.4328	130.5431
49	7.0241	61.0598	136.6355
50	6.5270	65.0996	146.0210
51	6.3102	67.0460	147.3873
52	6.3219	67.0691	133.0330
53	5.8592	71.0001	138.6170
54	5.7400	71.8918	139.8614
55	7.8863	44.4368	98.2229
56	7.6086	46.2979	102.0016
57	7.4237	48.7279	107.1960
58	4.7924	73.6337	141.4286
59	4.0056	78.8196	156.1706



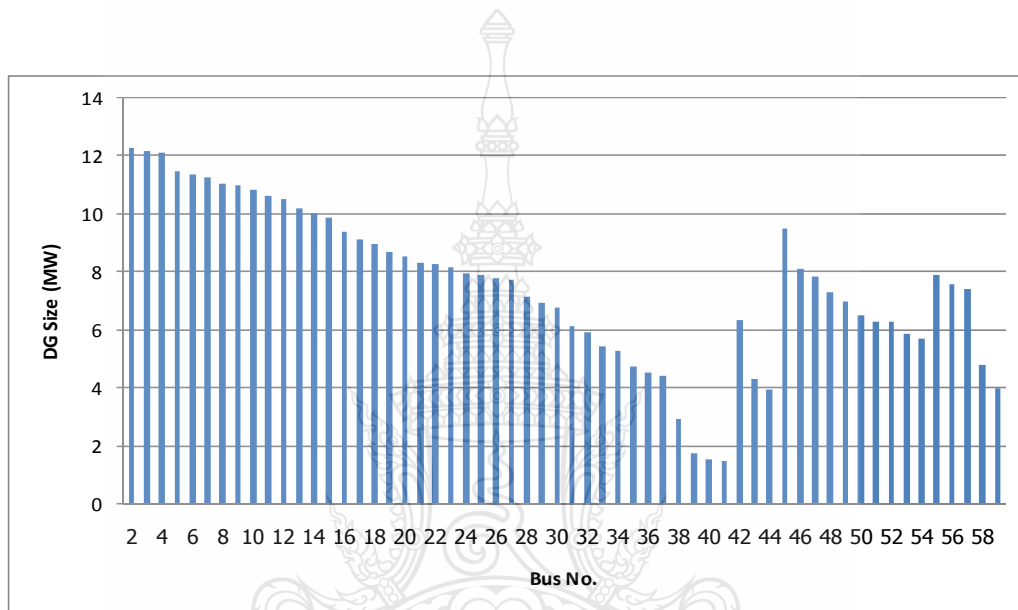
ภาพที่ 4.9 ค่ากำลังไฟฟ้าจริงสูญเสียหลังติดตั้ง DG ของระบบจำหน่าย 59 บัส 58 สายจำหน่าย

ภาพที่ 4.9 แสดงผลของกำลังไฟฟ้าสูญเสียจริงของระบบจำหน่ายหลังติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายที่บัสต่างๆ ของระบบจำหน่าย 59 บัส 58 สายจำหน่าย พบว่าเมื่อติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายบัสที่ 18 ทำให้ค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียจริงของระบบจำหน่ายเท่ากับ 42.18 kW ลดลงจากก่อนติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายร้อยละ 65.74 ซึ่งมีค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียจริงต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับบัสอื่นๆ จึงเป็นบัสที่เหมาะสมที่สุด



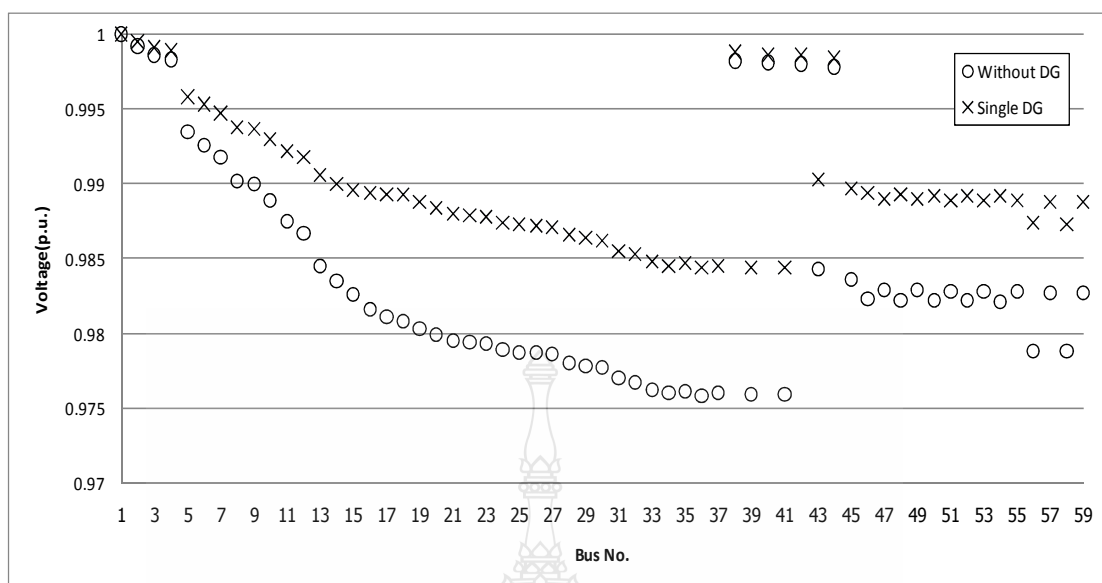
ภาพที่ 4.10 ค่ากำลังไฟฟารีแอกทีฟสูญเสียหลังติดตั้ง DG ของระบบจำหน่าย 59 บัส 58 สายจำหน่าย

ภาพที่ 4.10 แสดงผลของกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟสูญเสียของระบบจำหน่ายหลังติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายที่บัสต่างๆ ของระบบจำหน่าย 59 บัส 58 สายจำหน่าย พบว่าเมื่อติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายบัสที่ 18 มีค่ากำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟสูญเสียของระบบจำหน่ายเท่ากับ 92.99 kVar ลดลงจากก่อนติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายร้อยละ 66.89 ซึ่งมีค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียรีแอกทีฟต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับบัสอื่นๆ จึงเป็นบัสที่เหมาะสมที่สุดในการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจาย



ภาพที่ 4.11 ขนาด DG ที่เหมาะสมของระบบจำหน่าย 59 บัส 58 สายจำหน่าย

ภาพที่ 4.11 แสดงผลของขนาดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายที่เหมาะสมที่สุด ติดตั้งที่บัสต่างๆ ในระบบจำหน่าย 59 บัส 58 สายจำหน่าย ทำให้ค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียมีค่าน้อยที่สุด พบว่าเมื่อติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายบัสที่ 18 ขนาด 8.99 MW ทำให้ระบบจำหน่ายมีค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียจริงของเท่ากับ 42.18 kW ลดลงจากก่อนติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจาย 65.74 เปอร์เซ็นต์ และกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟสูญเสียเท่ากับ 92.99 kVar ลดลงจากก่อนติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายร้อยละ 66.89 ซึ่งเป็นบัสที่เหมาะสมที่สุดที่จะติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจาย เพราะทำให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบจำหน่ายมีค่าน้อยที่สุด



ภาพที่ 4.12 ขนาดแรงดันที่บัสต่างๆ ก่อนและหลังติดตั้ง DG ของระบบจำหน่าย 59 บัส

ภาพที่ 4.12 แสดงผลขนาดแรงดันที่บัสต่างๆ ก่อนและหลังติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายของระบบจำหน่าย 59 บัส 58 สายจำหน่าย พบว่าแรงดันที่เป็น WEAK BUS คือบัสที่ 36 ดีขึ้นจากเดิม ก่อนติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายมีแรงดันเท่ากับ 0.9758 p.u. หลังจากติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายเข้าไป แรงดันเท่ากับ 0.9844 p.u. และยังทำให้แรงดันไฟฟ้าในทุกๆ บัสดีขึ้นกว่าเดิม

ตารางที่ 4.6 การหาตำแหน่งติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายที่เหมาะสมโดยใช้ PSO ของ 59 บัส

System	Method	Bus No.	DG Size MW	Ploss kW	Qloss kVar	Loss Reduction %	
						Real	Reactive
59 Bus	Load Flow Analysis			123.13	280.87		
	PSO	9	11.0162	72.6848	163.5507	40.9728	41.7715
		16	9.4139	42.5514	93.6804	65.4441	66.6472
		17	9.1281	42.2382	93.0746	65.6984	66.8629
		18	8.9983	42.1843	92.9904	65.7422	66.8929
		19	8.7171	42.2617	93.2263	65.6794	66.8089
		20	8.5291	42.2389	93.2640	65.6979	66.7955

จากตารางที่ 4.6 หลังจากติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายเข้าไปในระบบจำหน่ายแบบเรเดียล 59 บัส ในตำแหน่งและขนาดที่เหมาะสมแล้ว สามารถลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียจริงและกำลังไฟฟ้าสูญเสียรีแอกทีฟได้ถึงร้อยละ 65.74 และ 66.89 ตามลำดับ ทำให้ระบบมีเสถียรภาพมากขึ้น

จากผลการจำลองระบบจำหน่ายแบบเรเดียล 59 บัส หลังติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจาย ขนาด 8.99 MW เข้าไปโดยใช้วิธีกลุ่มอนุภาคหาดำแหน่งติดตั้งที่เหมาะสมที่สุดแล้ว ได้บัสที่เหมาะสมในการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจาย เข้าไปในระบบ คือ บัสที่ 18 มีกำลังไฟฟ้าจริงเท่ากับ 42.1843 kW และกำลังไฟฟารีแอกทีฟเท่ากับ 92.9904 kVar เพราะกำลังไฟฟ้าสูญเสียจริงและกำลังไฟฟ้าสูญเสียรีแอกทีฟต่ำที่สุด จึงเหมาะที่จะติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายเข้าไปเพื่อชดเชยกำลังไฟฟ้าในระบบให้ดีขึ้นและยังทำให้แรงดันไฟฟ้าในทุกๆ บัสดีขึ้นกว่าเดิม ส่วนแรงดันบัสที่เป็น WEAK BUS ก็ดีขึ้นกว่าเดิม จากบัสที่ 36 ก่อนติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายมีแรงดันเท่ากับ 0.9758 p.u. หลังจากติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายเข้าไป แรงดันเท่ากับ 0.9844 p.u. ซึ่งเป็นผลมาจากการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายขนาด 8.99 MW เข้าไปในระบบจำหน่าย แล้วทำให้ WEAK BUS มีค่าแรงดันดีขึ้น

4.4 เปรียบเทียบวิธีกลุ่มอนุภาคกับวิธีขั้นตอนทางพันธุศาสตร์

ในหัวข้อวิทยานิพนธ์นี้เป็นการเปรียบเทียบวิธีกลุ่มอนุภาคกับวิธีขั้นตอนทางพันธุศาสตร์ (Genetic Algorithm: GA) โดยใช้แบบจำลองระบบจำหน่าย 26 บัส 50 บัส และ 59 บัส ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เขต 1 ภาคกลาง หลังจากจำลองการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายเข้าไปในระบบจำหน่าย 26 บัส 50 บัส และ 59 บัส โดยใช้วิธีขั้นตอนทางพันธุศาสตร์หาดำแหน่งติดตั้งที่เหมาะสมที่สุดแล้วได้บัสที่เหมาะสมในการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายเข้าไปในระบบ คือ บัสที่ 14 บัสที่ 34 และบัสที่ 18 ตามลำดับ [2] ผลการเปรียบเทียบวิธีกลุ่มอนุภาคกับวิธีขั้นตอนทางพันธุศาสตร์ของระบบจำหน่าย 26 บัส 50 บัส และ 59 บัส หลังติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายแสดงดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 การหาตำแหน่งติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายที่เหมาะสมโดยใช้ PSO และ GA

System	Method	Bus No.	DG Size MW	Ploss kW	Qloss kVar	Time (second)
26 Bus	Load Flow Analysis			11.69	26.08	
	PSO	14	6.9486	4.5639	10.2018	35.4060
	GA	14	6.9510	4.5500	10.1900	69.8090
50 Bus	Load Flow Analysis			75.4775	136.0300	
	PSO	34	9.1024	23.9421	43.1499	71.2870
	GA	34	9.1120	23.8300	42.9400	150.7890
59 Bus	Load Flow Analysis			123.13	280.87	
	PSO	18	8.9983	42.1843	92.9904	79.1400
	GA	18	9.0240	41.6200	91.6779	159.6177

จากตารางที่ 4.7 พิจารณาผลการจำลองระบบจำหน่ายแบบเรเดียล 26 บัส หลังติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจาย ขนาด 6.9510 MW เข้าไปโดยใช้วิธีขั้นตอนทางพันธุศาสตร์หาตำแหน่งติดตั้งที่เหมาะสมที่สุดแล้ว ได้บัสที่เหมาะสมในการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจาย เข้าไปในระบบ คือ บัสที่ 14 มี $P_{\text{loss}} = 4.5500$ kW และ $Q_{\text{loss}} = 10.1900$ kVar ใช้เวลาในการหาคำตอบ 69.8090 วินาที ซึ่งได้ตำแหน่งติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายเหมือนกับวิธีกลุ่มอนุภาคแต่ใช้เวลามากกว่า

ระบบที่สองพิจารณาผลการจำลองระบบจำหน่ายแบบเรเดียล 50 บัส หลังติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจาย ขนาด 9.1120 MW เข้าไปโดยใช้วิธีขั้นตอนทางพันธุศาสตร์หาตำแหน่งติดตั้งที่เหมาะสมที่สุดแล้ว ได้บัสที่เหมาะสมในการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจาย เข้าไปในระบบ คือ บัสที่ 34 มี $P_{\text{loss}} = 23.83$ kW และ $Q_{\text{loss}} = 42.94$ kVar ใช้เวลาในการหาคำตอบ 159.6177 วินาที ซึ่งได้ตำแหน่งติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายเหมือนกับวิธีกลุ่มอนุภาคแต่ใช้เวลามากกว่า

สุดท้ายระบบที่สามพิจารณาผลการจำลองระบบจำหน่ายแบบเรเดียล 59 บัส หลังติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจาย ขนาด 9.0240 MW เข้าไปโดยใช้วิธีขั้นตอนทางพันธุศาสตร์หา

ตำแหน่งติดตั้งที่เหมาะสมที่สุดแล้ว ได้บัสที่เหมาะสมในการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายเข้าไปในระบบ คือ บัสที่ 18 มี $P_{\text{loss}} = 41.6200 \text{ kW}$ และ $Q_{\text{loss}} = 91.6779 \text{ kVar}$ ใช้เวลาในการหาคำตอบ 159.6177 วินาที ซึ่งได้ตำแหน่งติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายเหมือนกับวิธีกลุ่มอนุภาคแต่ใช้เวลาที่มากกว่า

4.5 สรุป

ผลการทดลองการศึกษากำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบไฟฟ้าแบบจำลองของระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เขต 1 ภาคกลาง ระบบจำหน่าย 26 บัสที่มีกำลังไฟฟารวมของโหลดขนาด 8.49 MW และ 5.28 MVar ผลการจำลองพบว่าก่อนการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายเข้าไปในระบบจำหน่าย 26 บัส แรกเริ่มกำลังไฟฟ้าจริงที่สูญเสียรวมในระบบขนาด 11.69 kW และกำลังไฟฟารีแอกทีฟที่สูญเสียรวมในระบบขนาด 26.08 kVar แต่หลังจากใช้เทคนิคการหาค่าความเหมาะสมโดยวิธีกลุ่มอนุภาคแล้ว ทำให้ทราบขนาดและตำแหน่งติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายที่เหมาะสมที่จะติดตั้งเข้าไปคือ บัสที่ 14 และหลังติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจาย ขนาด 6.95 MW เข้าไปในระบบที่บัส 14 พบว่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบลดลง ซึ่งการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจาย สามารถลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียจริงและกำลังไฟฟารีแอกทีฟได้ถึงร้อยละ 60.98 และ 60.88 ตามลำดับ

สำหรับระบบที่สองระบบจำหน่าย 50 บัสที่มีกำลังไฟฟารวมของโหลดขนาด 13.5 MW และ 7.4 MVar ผลการจำลองพบว่าก่อนการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายเข้าไปในระบบจำหน่าย 50 บัส แรกเริ่มกำลังไฟฟ้าจริงที่สูญเสียรวมในระบบขนาด 75.48 kW และกำลังไฟฟารีแอกทีฟที่สูญเสียรวมในระบบขนาด 136.03 kVar แต่หลังจากใช้เทคนิคการหาค่าความเหมาะสมโดยวิธีกลุ่มอนุภาคแล้ว ทำให้ทราบขนาดและตำแหน่งติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายที่เหมาะสมที่จะติดตั้งเข้าไปคือ บัสที่ 34 และหลังติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจาย ขนาด 9.1 MW เข้าไปในระบบที่บัส 34 พบว่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบลดลง ซึ่งการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจาย สามารถลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียจริงและกำลังไฟฟารีแอกทีฟได้ถึงร้อยละ 68.28

สำหรับระบบสุดท้ายระบบจำหน่าย 59 บัสที่มีกำลังไฟฟารวมของโหลดขนาด 12.17 MW และ 6.71 MVar ผลการจำลองพบว่าก่อนการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายเข้าไปในระบบจำหน่าย 59 บัส แรกเริ่มกำลังไฟฟ้าจริงที่สูญเสียรวมในระบบขนาด 123.13 kW และกำลังไฟฟารีแอกทีฟที่สูญเสียรวมในระบบขนาด 280.87 kVar แต่หลังจากใช้เทคนิคการหาค่าความเหมาะสมโดยวิธีกลุ่มอนุภาคแล้ว ทำให้ทราบขนาดและตำแหน่งติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายที่เหมาะสมที่จะ

ติดตั้งเข้าไปคือ บัสที่ 18 และหลังติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจาย ขนาด 8.99 MW เข้าไปในระบบที่บัส 18 พบว่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบลดลง ซึ่งการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายสามารถลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียจริงและกำลังไฟฟ้าสูญเสียรีแอกทีฟได้ถึงร้อยละ 65.74 และตามลำดับ

เมื่อเปรียบเทียบวิธีกลุ่มอนุภาคกับวิธีขั้นตอนทางพันธุศาสตร์โดยใช้แบบจำลองระบบจำหน่าย 26 และ 59 บัส ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เขต 1 ภาคกลาง หลังจากจำลองการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายเข้าไปในระบบจำหน่าย 26 และ 59 บัส โดยใช้วิธีขั้นตอนทางพันธุศาสตร์หาตำแหน่งติดตั้งที่เหมาะสมที่สุดแล้วได้บัสที่เหมาะสมในการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายเข้าไปในระบบ คือ บัสที่ 14 และ 18 ตามลำดับ ซึ่งได้ตำแหน่งติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายเหมือนกับวิธีกลุ่มอนุภาคแต่ใช้เวลาที่มากกว่า ผลที่ได้จากการทดลองสามารถนำมาใช้ในการประกอบการตัดสินใจในการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค



บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

จากปัญหาของการกำหนดตำแหน่งและขนาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจาย ในระบบจำหน่ายที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งจากการที่ทราบข้อมูลของระบบจำหน่ายทั้งหมดก่อนการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจาย ไม่ว่าจะลักษณะวงจรหรือจำนวนบัสซึ่งคงที่ รู้ค่าพารามิเตอร์ต่างๆในหลายๆ สาย ทุกๆ บัส ดังนั้นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่พิจารณาก็จะขึ้นอยู่กับขนาดและตำแหน่งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายเป็นหลัก สำหรับการใช่วิธีกลุ่มอนุภาคร่วมกับการวิเคราะห์การไหลของกำลังไฟฟ้าเพื่อกำหนดขนาดและตำแหน่งที่เหมาะสมที่สุดนั้น โดยพิจารณาให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบน้อยที่สุดด้วยการทดสอบกับระบบจำหน่าย 3 ระบบซึ่งคัดแปลงมาจากส่วนหนึ่งของระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เขต 1 ภาคกลาง ประกอบด้วยระบบจำหน่าย 26 บัส 50 บัส และ 59 บัส

ผลที่ได้จากการทดสอบระบบจำหน่ายโดยการใช่วิธีกลุ่มอนุภาค ร่วมกับการวิเคราะห์การไหลของกำลังไฟฟ้าเพื่อกำหนดขนาดและตำแหน่งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายที่เหมาะสมที่สุด เพื่อให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียน้อยที่สุดนั้นสามารถสรุปผลที่เกิดขึ้นได้ดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผลการทำวิทยานิพนธ์

5.1.1 ผลการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายเข้าไปในระบบจำหน่าย 26 บัส

จากผลการวิเคราะห์หาขนาดและตำแหน่งการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายที่เหมาะสมด้วยการวิเคราะห์การไหลกำลังไฟฟ้าร่วมกับวิธีการเคลื่อนตัวของอนุภาคที่เหมาะสมที่สุด โดยพิจารณาการทำงานของบัสที่ถูกติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายเข้าไปในระบบ การวิเคราะห์ใช้แบบจำลองของระบบจำหน่ายแบบเรเดียล 26 บัส 25 สายจำหน่าย ซึ่งคัดแปลงมาจากส่วนหนึ่งในระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ที่มีกำลังไฟฟ้ารวมของโหลดขนาด 8.49 MW 5.97 MVar กำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟที่สูญเสียรวมในระบบแรกเริ่มขนาด 11.68 kW และ 26.08 kVa ผลการจำลองพบว่า ตำแหน่งที่เหมาะสมที่สุดคือบัสที่ 14 ขนาด 6.95 MW จะทำให้กำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟที่สูญเสียรวมในระบบเหลือเพียง 4.55 kW และ 10.18 kVar จะพบว่ากำลังไฟฟ้าที่สูญเสียในระบบลดลงประมาณร้อยละ 61 ทั้งนี้เนื่องจากตำแหน่งและขนาดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายที่ได้จากการทดสอบนี้จะช่วยจ่ายกำลังไฟฟ้าแทนการจ่ายจากสถานี

ไฟฟ้าต้นทางในสัดส่วนที่เหมาะสมจะช่วยลดการสูญเสียในระบบจำหน่าย และยังทำให้แรงดันไฟฟ้าในทุกๆบัสดีขึ้นกว่าเดิม

5.1.2 ผลการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายเข้าไปในระบบจำหน่าย 50 บัส

จากผลการวิเคราะห์หาขนาดและตำแหน่งการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายที่เหมาะสมด้วยการวิเคราะห์การไหลกำลังไฟฟ้าร่วมกับวิธีการเคลื่อนตัวของอนุภาคที่เหมาะสมที่สุด โดยพิจารณาการทำงานของบัสที่ถูกติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายเข้าไปในระบบ การวิเคราะห์ใช้แบบจำลองของระบบจำหน่ายแบบเรเดียล 50 บัส 49 สายจำหน่าย ซึ่งดัดแปลงมาจากส่วนหนึ่งในระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ที่มีกำลังไฟฟ้รวมของโหลดขนาด 13.5 MW 7.4 MVar กำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้รีแอกทีฟที่สูญเสียรวมในระบบแรกเริ่มขนาด 75.47 kW และ 136.03 kVa ผลการจำลองพบว่า ตำแหน่งที่เหมาะสมที่สุดคือบัสที่ 34 ขนาด 9.10 MW จะทำให้กำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้รีแอกทีฟที่สูญเสียรวมในระบบเหลือเพียง 23.94 kW และ 43.15 kVar จะพบว่ากำลังไฟฟ้าที่สูญเสียในระบบลดลงประมาณร้อยละ 68.28 ทั้งนี้เนื่องจากตำแหน่งและขนาดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายที่ได้จากการทดสอบนี้จะช่วยจ่ายกำลังไฟฟ้าแทนการจ่ายจากสถานีไฟฟ้าต้นทางในสัดส่วนที่เหมาะสมจะช่วยลดการสูญเสียในระบบจำหน่าย และยังทำให้แรงดันไฟฟ้าในทุกๆบัสดีขึ้นกว่าเดิม

5.1.3 ผลการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายเข้าไปในระบบจำหน่าย 59 บัส

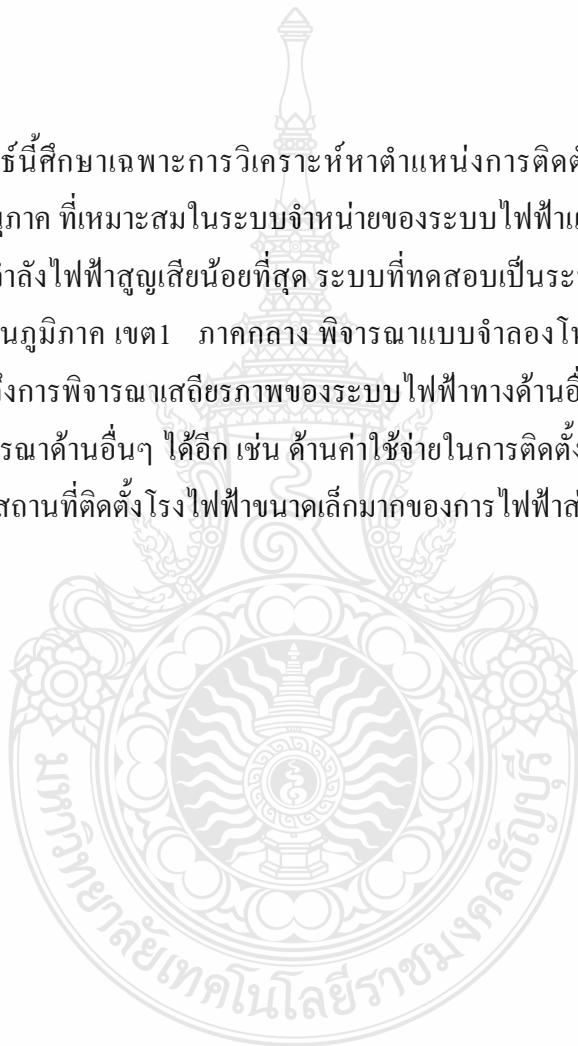
จากผลการวิเคราะห์หาขนาดและตำแหน่งการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายที่เหมาะสมด้วยการวิเคราะห์การไหลกำลังไฟฟ้าร่วมกับวิธีการเคลื่อนตัวของอนุภาคที่เหมาะสมที่สุด โดยพิจารณาการทำงานของบัสที่ถูกติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายเข้าไปในระบบ การวิเคราะห์ใช้แบบจำลองของระบบจำหน่ายแบบเรเดียล 59 บัส 58 สายจำหน่าย ซึ่งดัดแปลงมาจากส่วนหนึ่งในระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ที่มีกำลังไฟฟ้รวมของโหลดขนาด 12.17 MW และ 6.71 MVar กำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้รีแอกทีฟที่สูญเสียรวมในระบบแรกเริ่มขนาด 123.13 kW และ 280.87 kVar ผลการจำลองพบว่า ตำแหน่งที่เหมาะสมที่สุดคือบัสที่ 18 ขนาด 8.99 MW จะทำให้กำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้รีแอกทีฟที่สูญเสียรวมในระบบเหลือเพียง 42.18 kW และ 92.99 kVar จะพบว่ากำลังไฟฟ้าที่สูญเสียในระบบลดลงประมาณร้อยละ 66 ทั้งนี้เนื่องจากตำแหน่งและขนาดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายที่ได้จากการทดสอบนี้จะช่วยจ่ายกำลังไฟฟ้าแทนการจ่ายจากสถานีไฟฟ้าต้นทางในสัดส่วนที่เหมาะสมจะช่วยลดการสูญเสียในระบบจำหน่าย และยังทำให้แรงดันไฟฟ้าในทุกๆบัสดีขึ้นกว่าเดิม

5.1.4 ผลของการเปรียบเทียบวิธีกลุ่มอนุภาคกับวิธีขั้นตอนทางพันธุศาสตร์

จากผลการทดสอบพบว่า กระบวนหาตำแหน่งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายด้วยวิธีกลุ่มอนุภาคและวิธีขั้นตอนทางพันธุกรรม ไม่ว่าจะทดสอบกับระบบจำหน่าย 26 บัส 50 บัส และ 59 บัส ให้คำตอบบัสเดียวกันคือบัสที่ 14, 34 และ 18 ตามลำดับ โดยวิธีกลุ่มอนุภาคสามารถค้นหาตำแหน่งบัส และขนาดของ DG ที่เหมาะสมที่สุด ที่จะใช้ติดตั้ง แล้วทำให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียจริง และกำลังไฟฟ้าสูญเสียรีแอกทีฟ ภายในเวลาน้อยกว่า

5.2 ข้อเสนอแนะ

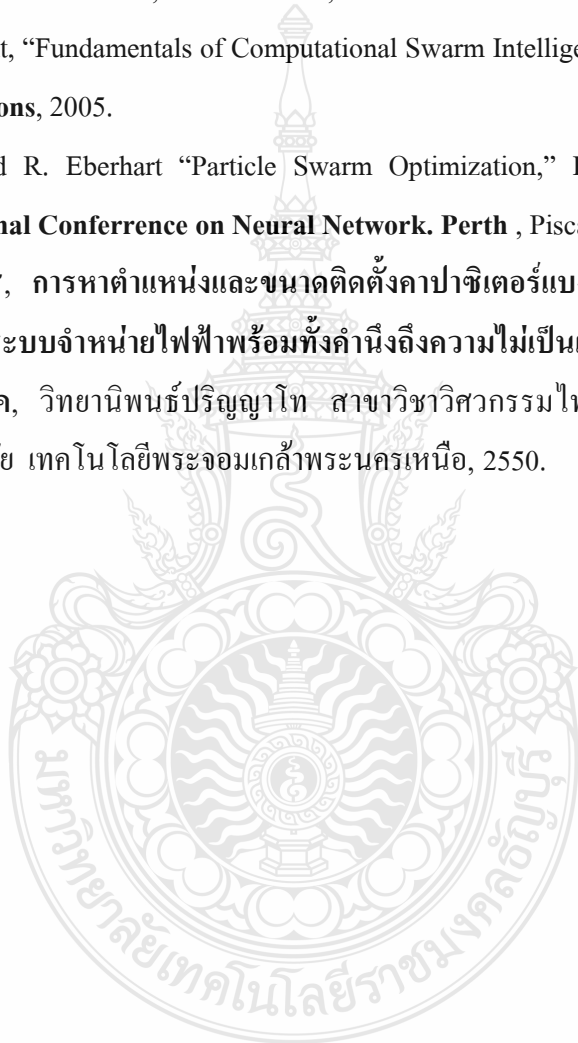
วิทยานิพนธ์นี้ศึกษาเฉพาะการวิเคราะห์หาตำแหน่งการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายโดยวิธีกลุ่มอนุภาค ที่เหมาะสมในระบบจำหน่ายของระบบไฟฟ้าแบบเรเดียล เพื่อหาตำแหน่งติดตั้งที่เหมาะสมที่มีกำลังไฟฟ้าสูญเสียน้อยที่สุด ระบบที่ทดสอบเป็นระบบจำหน่าย 26, 50 และ 59 บัส ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เขต 1 ภาคกลาง พิจารณาแบบจำลองโหลดจะใช้เป็นค่ากำลังคงที่ วิทยานิพนธ์นี้ไม่เน้นถึงการพิจารณาเสถียรภาพของระบบไฟฟ้าทางด้านอื่นๆ ดังนั้นหากมีผู้สนใจในวิทยานิพนธ์นี้อาจพิจารณาด้านอื่นๆ ได้อีก เช่น ด้านค่าใช้จ่ายในการติดตั้งที่บัสต่าง ซึ่งสามารถนำมาประกอบการพิจารณาสถานที่ติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็กมากของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคได้



รายการอ้างอิง

- [1] ประทีป พุผล, การศึกษาผลกระทบกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบจำหน่ายจากการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจาย, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2553.
- [2] บุญฤทธิ์ ทองพูล, การกำหนดตำแหน่งและขนาดที่เหมาะสมที่สุดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กเพื่อลดความสูญเสียโดยคำนึงถึงระดับความผิดพลาดในระบบเครือข่ายจำหน่ายไฟฟ้า, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2552.
- [3] กนกวรรณ กลิ่นเอี่ยม, การหาตำแหน่งการติดตั้งสวิตช์ตัดตอนที่เหมาะสมในระบบจำหน่ายแบบเรเดียลโดยวิธีเชิงพันธุกรรม, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2549.
- [4] ยุทธนา เอี่ยมสมบูรณ์, การหาตำแหน่งและขนาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายที่เหมาะสมเพื่อลดกำลังสูญเสีย และเพิ่มความเชื่อถือได้ในระบบจำหน่ายโดยวิธีการค้นหาแบบตาบู่, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2550.
- [5] นัฐโชติ รักไทยเจริญชีพ, “แบบจำลองการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายเพื่อลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบจำหน่าย”, ใน แผนกจัดการงานคุณภาพไฟฟ้ากองวิศวกรรม และบำรุง ฝ่ายบริการ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเขต 1 (ภาคกลาง).
- [6] W. Prommee and W. Ongsakul, “Optimal multiple distribute generation placement in microgrid system by improved reinitialized social structures particle swarm optimization,” **European Transactions on Electrical Power**, 2011, pp. 489-504.
- [7] บัณฑิต เอื้ออาภรณ์, การวิเคราะห์ระบบไฟฟ้ากำลังเบื้องต้น. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547, หน้า 23-38.
- [8] จักรินทร์ วิเศษยา, การวิเคราะห์หาตำแหน่งการติดตั้ง FACTS ที่เหมาะสมในระบบจำหน่ายโดยวิธีกลุ่มอนุภาค, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, 2554.

- [9] ชวัช เกิดชื่น และ กฤตวิทย์ บัวใหญ่, “เทคนิคการคำนวณการไหลของกำลังในระบบจำหน่าย”, การประชุมเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้ามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล (EENET2008), คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, 2552. pp. 1-13.
- [10] อุเทน ลีตุน และ ธนัชชัย กุลวรวานิชพงษ์, “การแก้ปัญหากำลังงานสูญเสียในสายส่งต่ำที่สุดโดยใช้ผลเฉลยการไหลกำลังไฟฟ้าที่เหมาะสมที่สุดที่อาศัยปัญญาเชิงกลุ่ม,” การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้าครั้งที่ 33, ธันวาคม 2553, หน้า 81-84.
- [11] A. P. Engelbrecht, “Fundamentals of Computational Swarm Intelligence,” West Sussex: John Wiley & Sons, 2005.
- [12] J. Kennedy, and R. Eberhart “Particle Swarm Optimization,” **Proceeding of the IEEE International Conference on Neural Network. Perth** , Piscataway, 1995.
- [13] ชวัช ลีรสังกาศ, การหาตำแหน่งและขนาดติดตั้งคาปาซิเตอร์แบบองค์ที่เหมาะสมเพื่อลดกำลังสูญเสียในระบบจำหน่ายไฟฟ้าพร้อมทั้งคำนึงถึงความไม่เป็นเชิงเส้นของโหลดโดยใช้วิธีกลุ่มอนุภาค, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2550.







ภาคผนวก ก

ข้อมูลสาขาและบ้สของระบบจำหน่าย

ก.1 ข้อมูลสาขาต่างๆ ของระบบจำหน่ายแบบเรเดียล 26 บัส ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเขต 1 ภาค
กลาง

ตารางที่ ก.1 ข้อมูลสาขาต่างๆ ของระบบจำหน่ายแบบเรเดียล 26 บัส

From bus	To bus	R (p.u.)	X (p.u.)	Rating (MVA)
2	3	0.000469	0.001089	20
3	4	0.000054	0.000129	20
3	5	0.000362	0.000840	20
5	6	0.000053	0.000127	20
5	7	0.000067	0.000156	20
7	8	0.000253	0.000498	16
8	9	0.000068	0.000134	16
9	10	0.000192	0.000377	16
10	11	0.000040	0.000078	16
8	12	0.000301	0.000592	16
12	13	0.000127	0.000250	16
7	14	0.000336	0.000780	20
14	15	0.000022	0.000054	20
15	16	0.000032	0.000075	20
16	17	0.000015	0.000036	20
14	18	0.000415	0.000963	20
18	19	0.000090	0.000210	20
19	20	0.000881	0.002045	20
20	21	0.000204	0.000473	20
20	22	0.001626	0.003772	20
22	23	0.000014	0.000034	20
19	24	0.000128	0.000297	20
19	25	0.000845	0.001960	20
25	26	0.000919	0.002131	20

ก.2 ข้อมูลสาขาต่างๆ ของระบบจำหน่ายแบบเรเดียล 50 บัส ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเขต 1 ภาค
กลาง

ตารางที่ ก.2 ข้อมูลบัสต่างๆ ของระบบจำหน่ายแบบเรเดียล 50 บัส

From bus	To bus	R (p.u.)	X (p.u.)	Rating (MVA)
1	2	0.000177	0.000319	20
2	3	0.000177	0.000319	20
3	4	0.000177	0.000319	20
4	5	0.000177	0.000319	20
5	6	0.000177	0.000319	20
6	7	0.000177	0.000319	20
7	8	0.000177	0.000319	20
8	9	0.000177	0.000319	20
9	10	0.000177	0.000319	20
10	11	0.000177	0.000319	20
11	12	0.000177	0.000319	20
12	13	0.000177	0.000319	20
13	14	0.000177	0.000319	20
14	15	0.000177	0.000319	20
15	16	0.000177	0.000319	20
16	17	0.000177	0.000319	20
17	18	0.000177	0.000319	20
18	19	0.000177	0.000319	20
19	20	0.000177	0.000319	20
20	21	0.000177	0.000319	20
21	22	0.000177	0.000319	20
22	23	0.000177	0.000319	20
23	24	0.000177	0.000319	20
24	25	0.000177	0.000319	20
25	26	0.000177	0.000319	20
26	27	0.000177	0.000319	20
27	28	0.000177	0.000319	20

ตารางที่ ก.2 ข้อมูลบัสต่างๆ ของระบบจำหน่ายแบบเรเดียล 50 บัส (ต่อ)

From bus	To bus	R (p.u.)	X (p.u.)	Rating (MVA)
28	29	0.000177	0.000319	20
29	30	0.000177	0.000319	20
30	31	0.000177	0.000319	20
31	32	0.000177	0.000319	20
32	33	0.000177	0.000319	20
33	34	0.000177	0.000319	20
34	35	0.000177	0.000319	20
35	36	0.000177	0.000319	20
36	37	0.000177	0.000319	20
37	38	0.000177	0.000319	20
38	39	0.000177	0.000319	20
39	40	0.000177	0.000319	20
40	41	0.000177	0.000319	20
41	42	0.000177	0.000319	20
42	43	0.000177	0.000319	20
43	44	0.000177	0.000319	20
44	45	0.000177	0.000319	20
45	46	0.000177	0.000319	20
46	47	0.000177	0.000319	20
47	48	0.000177	0.000319	20
48	49	0.000177	0.000319	20
49	50	0.000177	0.000319	20

ก.3 ข้อมูลสาขาต่างๆ ของระบบจำหน่ายแบบเรเดียล 59 บัส ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเขต 1 ภาค
กลาง

ตารางที่ ก.3 ข้อมูลบัสต่างๆ ของระบบจำหน่ายแบบเรเดียล 59 บัส

From bus	To bus	R (p.u.)	X (p.u.)	Rating (MVA)
1	2	0.000266	0.000617	20
2	3	0.000217	0.000504	20
3	4	0.000131	0.000304	20
4	5	0.001818	0.004217	20
5	6	0.000357	0.000852	20
6	7	0.000350	0.000811	20
7	8	0.000684	0.001587	20
8	9	0.000075	0.000174	20
9	10	0.000501	0.001161	20
10	11	0.000642	0.001488	20
11	12	0.000375	0.000870	20
12	13	0.001092	0.002533	20
13	14	0.000556	0.001290	20
14	15	0.000482	0.001117	20
15	16	0.000801	0.001858	20
16	17	0.000551	0.001084	16
17	18	0.000258	0.000507	16
18	19	0.000576	0.001134	16
19	20	0.000425	0.000835	16
20	21	0.000472	0.000928	16
21	22	0.000143	0.000282	16
22	23	0.000151	0.000296	16
23	24	0.000532	0.001047	16
24	25	0.000214	0.000421	16
25	26	0.000149	0.000294	16
27	28	0.001344	0.002644	16
28	29	0.000475	0.000935	16

ตารางที่ ก.3 ข้อมูลบัสต่างๆ ของระบบจำหน่ายแบบเรเดียล 59 บัส (ต่อ)

From bus	To bus	R (p.u.)	X (p.u.)	Rating (MVA)
29	30	0.000447	0.000880	16
30	31	0.002009	0.003952	16
31	32	0.000755	0.001486	16
32	33	0.002040	0.004013	16
33	34	0.000679	0.001335	16
34	35	0.002319	0.004562	16
35	36	0.001262	0.002482	16
4	37	0.001210	0.000854	6
37	38	0.001210	0.000854	6
38	39	0.002456	0.001734	6
39	40	0.001239	0.000875	6
40	41	0.000146	0.000103	6
13	42	0.004377	0.002425	7
42	43	0.005415	0.003000	7
43	44	0.001897	0.001051	7
15	45	0.000436	0.001012	20
45	46	0.000850	0.004291	20
46	47	0.000437	0.001013	20
47	48	0.000822	0.001907	20
48	49	0.000505	0.001170	20
49	50	0.000932	0.002163	20
50	51	0.000453	0.000251	7
47	52	0.002631	0.001457	7
52	53	0.001095	0.000607	7
53	54	0.000306	0.000170	7
24	55	0.000205	0.000402	16
55	56	0.000205	0.000834	16
57	58	0.007182	0.005071	6
32	59	0.008451	0.005968	6

ก.4 ข้อมูลบัสต่างๆ ของระบบจำหน่ายแบบเรเดียล 26 บัส ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเขต 1 ภาคกลาง

ตารางที่ ก.4 ข้อมูลบัสต่างๆ ของระบบจำหน่ายแบบเรเดียล 26 บัส

Bus	Load	
	(MW)	(MVar)
1	0.000	0.000
2	0.369	0.221
3	0.369	0.221
4	0.369	0.221
5	0.369	0.221
6	0.369	0.221
7	0.369	0.221
8	0.369	0.221
9	0.369	0.221
10	0.369	0.221
11	0.369	0.221
12	0.369	0.221
13	0.369	0.221
14	0.369	0.221
15	0.369	0.221
16	0.369	0.221
17	0.214	0.076
18	0.272	0.210
19	0.369	0.221
20	0.369	0.221
21	0.369	0.221
22	0.369	0.221
23	0.250	0.200
24	0.250	0.200
25	0.250	0.200
26	0.250	0.200

ก.5 ข้อมูลบัสต่างๆ ของระบบจำหน่ายแบบเรเดียล 50 บัส ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเขต 1 ภาคกลาง

ตารางที่ ก.5 ข้อมูลบัสต่างๆ ของระบบจำหน่ายแบบเรเดียล 50 บัส

Bus	Load	
	(MW)	(MVar)
1	0.00	0.00
2	0.276	0.152
3	0.276	0.152
4	0.276	0.152
5	0.276	0.152
6	0.276	0.152
7	0.276	0.152
8	0.276	0.152
9	0.276	0.152
10	0.276	0.152
11	0.276	0.152
12	0.276	0.152
13	0.276	0.152
14	0.276	0.152
15	0.276	0.152
16	0.276	0.152
17	0.276	0.152
18	0.276	0.152
19	0.276	0.152
20	0.276	0.152
21	0.276	0.152
22	0.276	0.152
23	0.276	0.152
24	0.276	0.152
25	0.276	0.152
26	0.276	0.152
27	0.276	0.152

ตารางที่ ก.5 ข้อมูลบัสต่างๆ ของระบบจำหน่ายแบบเรเดียล 50 บัส (ต่อ)

Bus	Load	
	(MW)	(MVar)
28	0.276	0.152
29	0.276	0.152
30	0.276	0.152
31	0.276	0.152
32	0.276	0.152
33	0.276	0.152
34	0.276	0.152
35	0.276	0.152
36	0.276	0.152
37	0.276	0.152
38	0.276	0.152
39	0.276	0.152
40	0.276	0.152
41	0.276	0.152
42	0.276	0.152
43	0.276	0.152
44	0.276	0.152
45	0.276	0.152
46	0.276	0.152
47	0.276	0.152
48	0.276	0.152
49	0.276	0.152
50	0.276	0.152

ก.6 ข้อมูลบัสต่างๆ ของระบบจำหน่ายแบบเรเดียล 59 บัส ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเขต 1 ภาคกลาง

ตารางที่ ก.6 ข้อมูลบัสต่างๆ ของระบบจำหน่ายแบบเรเดียล 59 บัส

Bus	Load	
	(MW)	(MVar)
1	0.00	0.00
2	0.276	0.152
3	0.018	0.010
4	0.088	0.048
5	0.551	0.305
6	0.276	0.152
7	0.276	0.152
8	0.088	0.048
9	0.350	0.194
10	0.276	0.305
11	0.551	0.305
12	0.018	0.010
13	0.350	0.194
14	0.044	0.024
15	0.551	0.305
16	0.044	0.024
17	0.276	0.152
18	0.276	0.152
19	0.018	0.010
20	0.350	0.194
21	0.044	0.024
22	0.018	0.010
23	0.276	0.152
24	0.044	0.024
25	0.350	0.194
26	0.044	0.024
27	0.276	0.152
28	0.044	0.024
29	0.018	0.010

ตารางที่ ก.6 ข้อมูลบัสต่างๆ ของระบบจำหน่ายแบบเรเดียล 59 บัส (ต่อ)

Bus	Load	
	(MW)	(MVar)
30	0.276	0.152
31	0.044	0.024
32	0.350	0.194
33	0.551	0.305
34	0.088	0.048
35	0.276	0.152
36	0.276	0.152
37	0.088	0.048
38	0.088	0.048
39	0.088	0.048
40	0.276	0.152
41	0.088	0.048
42	0.088	0.048
43	0.044	0.024
44	0.350	0.194
45	0.276	0.152
46	0.551	0.305
47	0.276	0.152
48	0.551	0.305
49	0.018	0.010
50	0.088	0.048
51	0.276	0.152
52	0.018	0.010
53	0.044	0.024
54	0.350	0.194
55	0.276	0.152
56	0.350	0.194
57	0.044	0.024
58	0.276	0.152
59	0.018	0.010



ภาคผนวก ข

โปรแกรมการหาตำแหน่งและขนาดของ DG

โปรแกรมการหาตำแหน่งติดตั้ง DG ที่เหมาะสมโดยใช้ PSO ของระบบจำหน่ายแบบ เรเดียล 26 บัส ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเขต 1 ภาคกลาง

```

%% system MVA base
clear
clc
% Base MVA = 10 MVA
baseMVA = 10;
% Base kV = 12.66 kV.
baseKV=12.660;
%% bus data
%bus_i type Pd      Qd      Gs  Bs area Vm  Va baseKV zone Vmax Vmin
bus = [
1  3  0.00000 0.00000      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
2  1  0.36900 0.22100      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
3  1  0.36900 0.22100      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
4  1  0.36900 0.22100      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
5  1  0.36900 0.22100      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
6  1  0.36900 0.22100      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
7  1  0.36900 0.22100      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
8  1  0.36900 0.22100      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
9  1  0.36900 0.22100      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
10 1  0.36900 0.22100      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
11 1  0.36900 0.22100      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
12 1  0.36900 0.22100      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
13 1  0.36900 0.22100      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
14 1  0.36900 0.22100      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
15 1  0.36900 0.22100      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
16 1  0.36900 0.22100      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
17 1  0.21400 0.07600      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
18 1  0.27200 0.21000      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
19 1  0.36900 0.22100      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
20 1  0.36900 0.22100      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
21 1  0.36900 0.22100      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
22 1  0.36900 0.22100      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
23 1  0.25000 0.20000      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
24 1  0.25000 0.20000      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
25 1  0.25000 0.20000      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
26 1  0.25000 0.20000      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
];

%% generator data
% bus Pg Qg Qmax Qmin Vg mBase status Pmax Pmin
gen = [
1  0  0  20 -20 1 10 1 10 0;
];

%% branch data
% fbus tbus r x b rateA rateB rateC ratio angle status
branch = [
1  2  0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
2  3  0.0004690 0.0010890 0 20 20 20 0 0 1 ;
3  4  0.0005400 0.0001290 0 20 20 20 0 0 1 ;
3  5  0.0003620 0.0008400 0 20 20 20 0 0 1 ;
5  6  0.0000530 0.0001270 0 20 20 20 0 0 1 ;
5  7  0.0000670 0.0001560 0 20 20 20 0 0 1 ;
7  8  0.0002530 0.0004980 0 16 16 16 0 0 1 ;
8  9  0.0000680 0.0001340 0 16 16 16 0 0 1 ;
9  10 0.0001920 0.0003770 0 16 16 16 0 0 1 ;
10 11 0.0000400 0.0000780 0 16 16 16 0 0 1 ;
];

```

```

8  12  0.0003010  0.0005920  0  16  16  16  0  0  1  ;
12 13  0.0001270  0.0002500  0  16  16  16  0  0  1  ;
7  14  0.0003360  0.0007800  0  20  20  20  0  0  1  ;
14 15  0.0000220  0.0000540  0  20  20  20  0  0  1  ;
15 16  0.0000320  0.0000750  0  20  20  20  0  0  1  ;
16 17  0.0000150  0.0000360  0  20  20  20  0  0  1  ;
14 18  0.0004150  0.0009630  0  20  20  20  0  0  1  ;
18 19  0.0000900  0.0002100  0  20  20  20  0  0  1  ;
19 20  0.0008810  0.0020450  0  20  20  20  0  0  1  ;
20 21  0.0002040  0.0004730  0  20  20  20  0  0  1  ;
20 22  0.0016260  0.0037720  0  20  20  20  0  0  1  ;
22 23  0.0000140  0.0000340  0  20  20  20  0  0  1  ;
19 24  0.0001280  0.0002970  0  20  20  20  0  0  1  ;
19 25  0.0008450  0.0019600  0  20  20  20  0  0  1  ;
25 26  0.0009190  0.0021310  0  20  20  20  0  0  1  ;
];

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
bustype=bus(:,2);
N=length(bustype);          % N is the number of nodes
n=N-1;                      % n is the number of sections
j=sqrt(-1);
V=ones(N,1)+j*zeros(N,1); % Flat start
for aa=1:N
    if bustype(aa)==3
        V(aa)=0.98; % Setting the value of voltages of 0.98 for Generator bus
    end
end
end
maxmis=0.0001;              % Maximum mismatch
maxitt=100;                 % Maximum iteration
itt=0;
dVmax=1;
P1=bus(:,3)/baseMVA;
Q1=bus(:,4)/baseMVA;
FN=branch(:,1);
TN=branch(:,2);
R=branch(:,3);
X=branch(:,4);
B=branch(:,5);
Pg=zeros(N,1);
Qg=zeros(N,1);
% Calculated Impedance
Z=n+1;
zbus=zeros(Z,Z);
zbus(1,1)=0+j*0.000000001;

for bb=1:n
    a=FN(bb);
    b=TN(bb);
    zbus(b,:)=zbus(a,:);
    zbus(:,b)=zbus(:,a);
    zbus(b,b)=zbus(a,a)+R(bb)+j*X(bb);
end
end
Rik=real(zbus);           % Finding R bus
Xik=imag(zbus);          % Finding X bus

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
Voltage Bus%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

while itt<maxitt&dVmax>maxmis
    itt=itt+1;
    % Calculating Nodal Current
    for cc=1:N;

```

```

        Pi(cc)=(Pl(cc)-Pg(cc));
        Qi(cc)=(Ql(cc)-Qg(cc));
        In(cc,:)=(Pi(cc)-j*Qi(cc))/(conj(V(cc))); % In is the load current
    end
    for cc=2:N;
        I(cc-1)=In(cc);
    end

%BACKWARD SWEEP
Vk=V;
for dd=1:n;
    a=N-dd;
    for b=1:n;
        if FN(b)==a+1
            c=TN(b);
            I(a)=I(a)+I(c-1)+j*B(c-1)*V(a+1);
        end
    end
    I(a)=I(a)+j*V(a+1)*B(a)/2; %I is the branch current
end

% FORWARD SWEEP
for ee=1:n;
    ff=FN(ee);
    V(ee+1)=V(ff)-(R(ee)+j*X(ee))*I(ee);
    dV(ee)=abs(V(ee+1)-Vk(ee+1));
end
dVmax=max(dV);
end

for gg=1:N
    Pi(gg)=(Pg(gg)-Pl(gg));
    Qi(gg)=(Qg(gg)-Ql(gg));
end
Vm=abs(V);%*baseKV;
Delta=angle(V);
for hh=1:N
    for ii=1:N
        alpha(hh,ii)=Rik(hh,ii)*cos(Delta(hh)-Delta(ii))/(Vm(hh)*Vm(ii));
        beta(hh,ii)=Rik(hh,ii)*sin(Delta(hh)-Delta(ii))/(Vm(hh)*Vm(ii));
        gama(hh,ii)=Xik(hh,ii)*cos(Delta(hh)-Delta(ii))/(Vm(hh)*Vm(ii));
        geta(hh,ii)=Xik(hh,ii)*sin(Delta(hh)-Delta(ii))/(Vm(hh)*Vm(ii));
    end
end
LL1=2;%limit of min location
LH1=26;%limit of max location
LL2=2;%limit of min location
LH2=26;%limit of max location
LL3=2;%limit of min location
LH3=26;%limit of max location

SL1=0.05;%limit of min size DG
SH1=10;%limit of max size DG
SL2=0.05;%limit of min size DG
SH2=10;%limit of max size DG
SL3=0.05;%limit of min size DG
SH3=10;%limit of max size DG

%% system MVA base
%clear
clc
% Base MVA = 10 MVA

```

```

baseMVA = 10;
% Base kV = 12.66 kV.
baseKV=12.660;
%% bus data
%bus_i type Pd      Qd      Gs  Bs area Vm  Va baseKV zone Vmax Vmin
bus = [
1  3  0.00000 0.00000    0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
2  1  0.36900 0.22100    0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
3  1  0.36900 0.22100    0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
4  1  0.36900 0.22100    0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
5  1  0.36900 0.22100    0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
6  1  0.36900 0.22100    0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
7  1  0.36900 0.22100    0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
8  1  0.36900 0.22100    0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
9  1  0.36900 0.22100    0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
10 1  0.36900 0.22100    0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
11 1  0.36900 0.22100    0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
12 1  0.36900 0.22100    0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
13 1  0.36900 0.22100    0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
14 1  0.36900 0.22100    0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
15 1  0.36900 0.22100    0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
16 1  0.36900 0.22100    0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
17 1  0.21400 0.07600    0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
18 1  0.27200 0.21000    0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
19 1  0.36900 0.22100    0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
20 1  0.36900 0.22100    0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
21 1  0.36900 0.22100    0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
22 1  0.36900 0.22100    0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
23 1  0.25000 0.20000    0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
24 1  0.25000 0.20000    0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
25 1  0.25000 0.20000    0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
26 1  0.25000 0.20000    0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
];

%% generator data
% bus Pg Qg Qmax Qmin Vg mBase status Pmax Pmin
gen = [
1  0  0  20 -20  1  10  1  10  0;
];

%% branch data
% fbus tbus r      x      b rateA rateB rateC ratio angle      status
branch = [
1  2  0.0001770  0.0003190  0  20 20 20 0  0  1 ;
2  3  0.0004690  0.0010890  0  20 20 20 0  0  1 ;
3  4  0.0005400  0.0001290  0  20 20 20 0  0  1 ;
3  5  0.0003620  0.0008400  0  20 20 20 0  0  1 ;
5  6  0.0000530  0.0001270  0  20 20 20 0  0  1 ;
5  7  0.0000670  0.0001560  0  20 20 20 0  0  1 ;
7  8  0.0002530  0.0004980  0  16 16 16 0  0  1 ;
8  9  0.0000680  0.0001340  0  16 16 16 0  0  1 ;
9  10 0.0001920  0.0003770  0  16 16 16 0  0  1 ;
10 11 0.0000400  0.0000780  0  16 16 16 0  0  1 ;
8  12 0.0003010  0.0005920  0  16 16 16 0  0  1 ;
12 13 0.0001270  0.0002500  0  16 16 16 0  0  1 ;
7  14 0.0003360  0.0007800  0  20 20 20 0  0  1 ;
14 15 0.0000220  0.0000540  0  20 20 20 0  0  1 ;
15 16 0.0000320  0.0000750  0  20 20 20 0  0  1 ;
16 17 0.0000150  0.0000360  0  20 20 20 0  0  1 ;
14 18 0.0004150  0.0009630  0  20 20 20 0  0  1 ;
18 19 0.0000900  0.0002100  0  20 20 20 0  0  1 ;
19 20 0.0008810  0.0020450  0  20 20 20 0  0  1 ;
20 21 0.0002040  0.0004730  0  20 20 20 0  0  1 ;
];

```

```

20 22 0.0016260 0.0037720 0 20 20 20 0 0 1 ;
22 23 0.0000140 0.0000340 0 20 20 20 0 0 1 ;
19 24 0.0001280 0.0002970 0 20 20 20 0 0 1 ;
19 25 0.0008450 0.0019600 0 20 20 20 0 0 1 ;
25 26 0.0009190 0.0021310 0 20 20 20 0 0 1 ;
];

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
bustype=bus(:,2);
N=length(bustype); % N is the number of nodes
n=N-1; % n is the number of sections
j=sqrt(-1);
V=ones(N,1)+j*zeros(N,1); % Flat start
for aa=1:N
    if bustype(aa)==3
        V(aa)=0.98 ; % Setting the value of voltages of 0.98 for Generator
    end
end
maxmis=0.0001; % Maximum mismatch
maxitt=100; % Maximum iteration
itt=0;
dVmax=1;
Pl=bus(:,3)/baseMVA;
Ql=bus(:,4)/baseMVA;
FN=branch(:,1);
TN=branch(:,2);
R=branch(:,3);
X=branch(:,4);
B=branch(:,5);
Pg=zeros(N,1);
Qg=zeros(N,1);
% Calculated Impedance
Z=n+1;
zbus=zeros(Z,Z);
zbus(1,1)=0+j*0.000000001;

for bb=1:n
    a=FN(bb);
    b=TN(bb);
    zbus(b,:)=zbus(a,:);
    zbus(:,b)=zbus(:,a);
    zbus(b,b)=zbus(a,a)+R(bb)+j*X(bb);
end
Rik=real(zbus); % Finding R bus
Xik=imag(zbus); % Finding X bus

LL1=2; %limit of min location
LH1=26;%limit of max location
LL2=2; %limit of min location
LH2=26;%limit of max location
LL3=2; %limit of min location
LH3=26;%limit of max location

SL1=0.05;%limit of min size DG
SH1=10; %limit of max size DG
SL2=0.05;%limit of min size DG
SH2=10; %limit of max size DG
SL3=0.05;%limit of min size DG
SH3=10; %limit of max size DG

```

```

clc
clear all
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%Data system
input26n;

%Initialization of positions of agents

population=200; %population
D=2; %Variable 2

%Initialization of PSO parameters
W = 1;%int
wmax=0.9;
wmin=0.4;
itmax=100; %Maximum iteration number
e1=zeros(1,itmax);%PL
e2=zeros(1,itmax);%QL
%c1=2;
%c2=2;

Cp=1;
Cg=1;
Cl=1;
Cn=1;
K=5; %near neighbor
M1=zeros(K-1,D);%local about near local
M2=zeros(K-1,1);%local loss
plid=zeros(population,D,itmax);
pnid=zeros(population,D,itmax);
FDR=zeros(population,D);

%Initialization of positions of agents
PGG=zeros(population,D,itmax);
PGG(:,1,1)= SL1+(SH1-SL1)*rand(population,1,1);
PGG(:,2,1)= abs(round(LL1+(LH1-LL1)*rand(population,1,1)));

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%PGG(1,1,1)= 1.8074;
%PGG(1,2,1)= 56;

%PGG(10,1,1)= 2.4939;
%PGG(10,2,1)= 12;
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
pbest = PGG;
gbest=zeros(population,D,itmax);
H =zeros(itmax,D);%gbest|iter

%Initialization of velocities of agents
Vo=zeros(population,D,itmax);

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

% Finding the Original Loss
% =====

Plss=0;
Qlss=0;
for i=1:N
    for k=1:N

```

```

% approximate loss calculation
Plss=Plss+(alpha(i,k)*(Pi(i)*Pi(k)+Qi(i)*Qi(k))+beta(i,k)*(Qi(i)*Pi(k)-
Pi(i)*Qi(k)));
% approximate loss calculation
Qlss=Qlss+(gamma(i,k)*(Pi(i)*Pi(k)+Qi(i)*Qi(k))+geta(i,k)*(Qi(i)*Pi(k)-
Pi(i)*Qi(k)));
end
end

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%Process2%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

Pl=zeros(population,1,itmax);%loss
QL=zeros(population,1,itmax);
%Pii=Pi;

for iter=1:itmax-1
iter

%reline
if iter == 50 || iter == 55 ||iter == 60||iter == 65||iter == 70||iter ==
75||iter == 80||iter == 85||iter == 90||iter == 95
PGG(:,1,iter)= SL1+(SH1-SL1)*rand;
PGG(:,2,iter)= abs(round(LL1+(LH1-LL1)*rand));
PGG(10,:,iter)=gbest(10,:,iter-1);
end

%Pii=Pi;
%W(iter)=1;
%W(iter)=wmax-((wmax-wmin)/itmax)*iter;
%W=W +((wmin-wmax)/itmax);%APSO
W=(0.9-0.4)*(itmax-iter)/(itmax+0.4);%GLN-PSO
for mm=1:population

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
input26nxx;

%input52pumox;
Pg(PGG(mm,2,iter))=(PGG(mm,1,iter))/baseMVA;

while itt<maxitt&&dVmax>maxmis

itt=itt+1;
% Calculating Nodal Current
for cc=1:N;

Pi(cc)=(Pl(cc)-Pg(cc));
Qi(cc)=(Ql(cc)-Qg(cc));

In(cc,:)=(Pi(cc)-j*Qi(cc))/(conj(V(cc))); % In is the load current

end
for cc=2:N;
I(cc-1)=In(cc);
end

%BACKWARD SWEEP

```



```

[C,L]=min(abs(PL(:, :, iter)));

gbest(1,1,iter)=PGG(L,1,iter); % size
H(iter,1)=PGG(L,1,iter);

gbest(1,2,iter)=PGG(L,2,iter); % location
H(iter,2)=PGG(L,2,iter);

e1(1,iter)=C;%PL
e2(1,iter)=QL(L,1,iter);%QL

for mm=1:population
    gbest(mm,1,iter)=gbest(1,1,iter);
    gbest(mm,2,iter)=gbest(1,2,iter);
end
%\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\ Pnid : near neighbor Matrix by max FDR

PGG=PGG*baseMVA;
PL=PL*baseMVA*1000;
C=C*baseMVA*1000;
for mm=1:population
    if mm ~= L
        for d=1:D
            if PGG(mm,d,iter)~=PGG(L,d,iter)
                FDR(mm,d)=(PL(mm,1,iter)-C)/(abs(PGG(mm,d,iter)-PGG(L,d,iter)));
            end
            if PGG(mm,d,iter)==PGG(L,d,iter);
                FDR(mm,d)=-100;
            end
        end
    end
end
PGG=PGG/baseMVA;
PL=PL/(baseMVA*1000);
C=C/(baseMVA*1000);

[CC,II]=max(FDR(:,1));
[CCC,III]=max(FDR(:,2));

pnid(1,1,iter)=PGG(II,1,iter);
pnid(1,2,iter)=PGG(III,2,iter);

for mm=1:population
    pnid(mm,1,iter)=pnid(1,1,iter);
    pnid(mm,2,iter)=pnid(1,2,iter);
end
%\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\ Plid : local best Matrix
for m=1:K-1

    if L < (population-(K-1)/2)&& L>((K-1)/2)
        if m<=(K-1)/2
            M1(m,:)=PGG(L+m, :, iter);
            M2(m)=PL(L+m, :, iter);
        end

        if m>(K-1)/2
            M1(m,:)=PGG(L-(m-((K-1)/2)), :, iter);
            M2(m)=PL(L-(m-((K-1)/2)), :, iter);
        end
    end
end

```

```

if (population-(K-1)/2) <=L && (K-1)/2 >=L

    if m<=(K-1)/2
        if L+m >population
            L = L+m-population;
            M1(m,:)=PGG(L,:,iter);
            M2(m)=PL(L,:,iter);
        end
    end

    if m>(K-1)/2
        if L-(m-((K-1)/2))<=0
            L = population-((m-((K-1)/2))-L);
            M1(m,:)=PGG(L,:,iter);
            M2(m)=PL(L,:,iter);
        end
    end

end

end

[C,L]=min(M2);
plid(1,1,iter)=M1(L,1); % size
plid(1,2,iter)=M1(L,2); % location

for mm=1:population
    plid(mm,1,iter)=plid(1,1,iter);
    plid(mm,2,iter)=plid(1,2,iter);
end

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%Process4%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%Update
%Vo(:, :, iter+1)=Vo(:, :, iter)+c1*rand*(pbest(:, :, iter)-
PGG(:, :, iter))+c2*rand*(gbest(:, :, iter)-PGG(:, :, iter));%BPSO
%Vo(:, :, iter+1)=W*Vo(:, :, iter)+c1*rand*(pbest(:, :, iter)-
PGG(:, :, iter))+c2*rand*(gbest(:, :, iter)-PGG(:, :, iter));%APSO
Vo(:, :, iter+1)=W*Vo(:, :, iter)+Cp*rand*(pbest(:, :, iter)-
PGG(:, :, iter))+Cg*rand*(gbest(:, :, iter)-
PGG(:, :, iter))+Cl*rand*(plid(:, :, iter)-PGG(:, :, iter))+Cn*rand*(pnid(:, :, iter)-
PGG(:, :, iter));%GLNPSO
PGG(:, :, iter+1)=PGG(:, :, iter)+Vo(:, :, iter+1);

PGG(:, 1, iter+1)=abs(PGG(:, 1, iter+1));
PGG(:, 2, iter+1)=round(PGG(:, 2, iter+1));

    for mm=1:population
        if
(PGG(mm, 2, iter+1)<2) || (PGG(mm, 2, iter+1)>LH1) || (PGG(mm, 1, iter+1)>SH1);
            PGG(mm, 1, iter+1)= SL1+(SH1-SL1)*rand;
            PGG(mm, 2, iter+1)= abs(round(LL1+(LH1-LL1)*rand));
        end
    end

PGG(1,1,iter+1)= gbest(1,1,iter);
PGG(1,2,iter+1)= gbest(1,2,iter);

pbest = PGG;

end

```


โปรแกรมการหาตำแหน่งติดตั้ง DG ที่เหมาะสมโดยใช้ PSO ของระบบจำหน่ายแบบ เรเดียล 50 บัส ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเขต 1 ภาคกลาง

```

%% system MVA base
clear
clc
% Base MVA = 10 MVA
baseMVA = 10;
% Base kV = 12.66 kV.
baseKV=12.660;
%% bus data
%bus_i type Pd      Qd      Gs  Bs area Vm  Va baseKV zone Vmax Vmin
bus = [
1  3  0.00000 0.00000      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
2  1  0.27600 0.15200      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
3  1  0.27600 0.15200      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
4  1  0.27600 0.15200      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
5  1  0.27600 0.15200      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
6  1  0.27600 0.15200      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
7  1  0.27600 0.15200      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
8  1  0.27600 0.15200      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
9  1  0.27600 0.15200      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
10 1  0.27600 0.15200      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
11 1  0.27600 0.15200      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
12 1  0.27600 0.15200      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
13 1  0.27600 0.15200      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
14 1  0.27600 0.15200      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
15 1  0.27600 0.15200      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
16 1  0.27600 0.15200      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
17 1  0.27600 0.15200      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
18 1  0.27600 0.15200      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
19 1  0.27600 0.15200      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
20 1  0.27600 0.15200      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
21 1  0.27600 0.15200      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
22 1  0.27600 0.15200      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
23 1  0.27600 0.15200      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
24 1  0.27600 0.15200      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
25 1  0.27600 0.15200      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
26 1  0.27600 0.15200      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
27 1  0.27600 0.15200      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
28 1  0.27600 0.15200      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
29 1  0.27600 0.15200      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
30 1  0.27600 0.15200      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
31 1  0.27600 0.15200      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
32 1  0.27600 0.15200      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
33 1  0.27600 0.15200      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
34 1  0.27600 0.15200      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
35 1  0.27600 0.15200      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
36 1  0.27600 0.15200      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
37 1  0.27600 0.15200      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
38 1  0.27600 0.15200      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
39 1  0.27600 0.15200      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
40 1  0.27600 0.15200      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
41 1  0.27600 0.15200      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
42 1  0.27600 0.15200      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
43 1  0.27600 0.15200      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
44 1  0.27600 0.15200      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
45 1  0.27600 0.15200      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
46 1  0.27600 0.15200      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;

```

```

47 1 0.27600 0.15200 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
48 1 0.27600 0.15200 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
49 1 0.27600 0.15200 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
50 1 0.27600 0.15200 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
];

%% generator data
% bus Pg Qg Qmax Qmin Vg mBase status Pmax Pmin
gen = [
1 0 0 20 -20 1 10 1 10 0;
];

%% branch data
% fbus tbus r x b rateA rateB rateC ratio angle status
branch = [
1 2 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
2 3 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
3 4 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
4 5 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
5 6 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
6 7 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
7 8 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
8 9 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
9 10 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
10 11 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
11 12 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
12 13 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
13 14 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
14 15 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
15 16 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
16 17 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
17 18 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
18 19 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
19 20 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
20 21 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
21 22 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
22 23 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
23 24 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
24 25 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
25 26 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
26 27 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
27 28 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
28 29 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
29 30 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
30 31 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
31 32 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
32 33 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
33 34 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
34 35 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
35 36 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
36 37 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
37 38 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
38 39 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
39 40 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
40 41 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
41 42 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
42 43 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
43 44 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
44 45 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
45 46 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
46 47 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
47 48 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
48 49 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
];

```

```

49 50 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
];

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
bustype=bus(:,2);
N=length(bustype); % N is the number of nodes
n=N-1; % n is the number of sections
j=sqrt(-1);
V=ones(N,1)+j*zeros(N,1); % Flat start
for aa=1:N
    if bustype(aa)==3
        V(aa)=0.98 ; % Setting the value of voltages of 0.98 for Generator bus
    end
end
end
maxmis=0.0001; % Maximum mismatch
maxitt=100; % Maximum iteration
itt=0;
dVmax=1;
Pl=bus(:,3)/baseMVA;
Ql=bus(:,4)/baseMVA;
FN=branch(:,1);
TN=branch(:,2);
R=branch(:,3);
X=branch(:,4);
B=branch(:,5);
Pg=zeros(N,1);
Qg=zeros(N,1);
% Calculated Impedance
Z=n+1;
zbus=zeros(Z,Z);
zbus(1,1)=0+j*0.000000001;

for bb=1:n
    a=FN(bb);
    b=TN(bb);
    zbus(b,:)=zbus(a,:);
    zbus(:,b)=zbus(:,a);
    zbus(b,b)=zbus(a,a)+R(bb)+j*X(bb);
end
end
Rik=real(zbus); % Finding R bus
Xik=imag(zbus); % Finding X bus

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%-----Voltage Bus-----%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

while itt<maxitt&dVmax>maxmis
    itt=itt+1;
    % Calculating Nodal Current
    for cc=1:N;
        Pi(cc)=(Pl(cc)-Pg(cc));
        Qi(cc)=(Ql(cc)-Qg(cc));
        In(cc,:)=(Pi(cc)-j*Qi(cc))/(conj(V(cc))); % In is the load current
    end
    for cc=2:N;
        I(cc-1)=In(cc);
    end
end

%BACKWARD SWEEP
Vk=V;
for dd=1:n;
    a=N-dd;
    for b=1:n;
        if FN(b)==a+1

```

```

        c=TN(b);
        I(a)=I(a)+I(c-1)+j*B(c-1)*V(a+1);
    end
    end
    I(a)=I(a)+j*V(a+1)*B(a)/2; %I is the branch current
end

% FORWARD SWEEP
for ee=1:n;
    ff=FN(ee);
    V(ee+1)=V(ff)-(R(ee)+j*X(ee))*I(ee);
    dV(ee)=abs(V(ee+1)-Vk(ee+1));
end
dVmax=max(dV);
end

for gg=1:N
    Pi(gg)=(Pg(gg)-Pl(gg));
    Qi(gg)=(Qg(gg)-Ql(gg));
end
Vm=abs(V);%*baseKV;
Delta=angle(V);
for hh=1:N
    for ii=1:N
        alpha(hh,ii)=Rik(hh,ii)*cos(Delta(hh)-Delta(ii))/(Vm(hh)*Vm(ii));
        beta(hh,ii)=Rik(hh,ii)*sin(Delta(hh)-Delta(ii))/(Vm(hh)*Vm(ii));
        gama(hh,ii)=Xik(hh,ii)*cos(Delta(hh)-Delta(ii))/(Vm(hh)*Vm(ii));
        geta(hh,ii)=Xik(hh,ii)*sin(Delta(hh)-Delta(ii))/(Vm(hh)*Vm(ii));
    end
end
LL1=2;%limit of min location
LH1=50;%limit of max location
LL2=2;%limit of min location
LH2=50;%limit of max location
LL3=2;%limit of min location
LH3=50;%limit of max location

SL1=0.05;%limit of min size DG
SH1=10;%limit of max size DG
SL2=0.05;%limit of min size DG
SH2=10;%limit of max size DG
SL3=0.05;%limit of min size DG
SH3=10;%limit of max size DG

%% system MVA base
%clear
clc
% Base MVA = 10 MVA
baseMVA = 10;
% Base kV = 12.66 kV.
baseKV=12.660;
%% bus data
%bus_i type Pd Qd Gs Bs area Vm Va baseKV zone Vmax Vmin
bus = [
1 3 0.00000 0.00000 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
2 1 0.27600 0.15200 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
3 1 0.27600 0.15200 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
4 1 0.27600 0.15200 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
5 1 0.27600 0.15200 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
6 1 0.27600 0.15200 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
7 1 0.27600 0.15200 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
8 1 0.27600 0.15200 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;

```

```

9 1 0.27600 0.15200 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
10 1 0.27600 0.15200 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
11 1 0.27600 0.15200 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
12 1 0.27600 0.15200 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
13 1 0.27600 0.15200 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
14 1 0.27600 0.15200 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
15 1 0.27600 0.15200 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
16 1 0.27600 0.15200 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
17 1 0.27600 0.15200 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
18 1 0.27600 0.15200 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
19 1 0.27600 0.15200 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
20 1 0.27600 0.15200 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
21 1 0.27600 0.15200 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
22 1 0.27600 0.15200 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
23 1 0.27600 0.15200 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
24 1 0.27600 0.15200 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
25 1 0.27600 0.15200 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
26 1 0.27600 0.15200 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
27 1 0.27600 0.15200 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
28 1 0.27600 0.15200 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
29 1 0.27600 0.15200 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
30 1 0.27600 0.15200 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
31 1 0.27600 0.15200 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
32 1 0.27600 0.15200 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
33 1 0.27600 0.15200 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
34 1 0.27600 0.15200 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
35 1 0.27600 0.15200 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
36 1 0.27600 0.15200 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
37 1 0.27600 0.15200 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
38 1 0.27600 0.15200 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
39 1 0.27600 0.15200 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
40 1 0.27600 0.15200 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
41 1 0.27600 0.15200 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
42 1 0.27600 0.15200 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
43 1 0.27600 0.15200 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
44 1 0.27600 0.15200 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
45 1 0.27600 0.15200 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
46 1 0.27600 0.15200 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
47 1 0.27600 0.15200 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
48 1 0.27600 0.15200 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
49 1 0.27600 0.15200 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
50 1 0.27600 0.15200 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
];

%% generator data
% bus Pg Qg Qmax Qmin Vg mBase status Pmax Pmin
gen = [
1 0 0 20 -20 1 10 1 10 0;
];

%% branch data
% fbus tbus r x b rateA rateB rateC ratio angle status
branch = [
1 2 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
2 3 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
3 4 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
4 5 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
5 6 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
6 7 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
7 8 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
8 9 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
9 10 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
10 11 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
];

```



```

11 12 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
12 13 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
13 14 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
14 15 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
15 16 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
16 17 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
17 18 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
18 19 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
19 20 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
20 21 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
21 22 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
22 23 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
23 24 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
24 25 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
25 26 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
26 27 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
27 28 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
28 29 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
29 30 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
30 31 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
31 32 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
32 33 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
33 34 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
34 35 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
35 36 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
36 37 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
37 38 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
38 39 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
39 40 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
40 41 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
41 42 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
42 43 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
43 44 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
44 45 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
45 46 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
46 47 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
47 48 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
48 49 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
49 50 0.0001770 0.0003190 0 20 20 20 0 0 1 ;
];

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
bustype=bus(:,2);
N=length(bustype); % N is the number of nodes
n=N-1; % n is the number of sections
j=sqrt(-1);
V=ones(N,1)+j*zeros(N,1); % Flat start
for aa=1:N
    if bustype(aa)==3
        V(aa)=0.98 ; % Setting the value of voltages of 0.98 for Generator
    end
end
end
maxmis=0.0001; % Maximum mismatch
maxitt=100; % Maximum iteration
itt=0;
dVmax=1;
Pl=bus(:,3)/baseMVA;
Ql=bus(:,4)/baseMVA;
FN=branch(:,1);
TN=branch(:,2);
R=branch(:,3);
X=branch(:,4);

```

```

B=branch(:,5);
Pg=zeros(N,1);
Qg=zeros(N,1);
% Calculated Impedance
Z=n+1;
zbus=zeros(Z,Z);
zbus(1,1)=0+j*0.000000001;

for bb=1:n
    a=FN(bb);
    b=TN(bb);
    zbus(b,:)=zbus(a,:);
    zbus(:,b)=zbus(:,a);
    zbus(b,b)=zbus(a,a)+R(bb)+j*X(bb);
end
Rik=real(zbus); % Finding R bus
Xik=imag(zbus); % Finding X bus

LL1=2; %limit of min location
LH1=50;%limit of max location
LL2=2; %limit of min location
LH2=50;%limit of max location
LL3=2; %limit of min location
LH3=50;%limit of max location

SL1=0.05;%limit of min size DG
SH1=10; %limit of max size DG
SL2=0.05;%limit of min size DG
SH2=10; %limit of max size DG
SL3=0.05;%limit of min size DG
SH3=10; %limit of max size DG

clc
clear all
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%Data system
input50n;

%Initialization of positions of agents

population=100; %population
D=2; %Variable 2

%Initialization of PSO parameters
W = 1;%int
wmax=0.9;
wmin=0.4;
itmax=100; %Maximum iteration number
e1=zeros(1,itmax);%PL
e2=zeros(1,itmax);%QL
%c1=2;
%c2=2;

Cp=1;
Cg=1;
Cl=1;
Cn=1;
K=5; %near neighbor
M1=zeros(K-1,D);%local about near local
M2=zeros(K-1,1);%local loss
plid=zeros(population,D,itmax);

```

```

pnid=zeros(population,D,itmax);
FDR=zeros(population,D);

%Initialization of positions of agents
PGG=zeros(population,D,itmax);
PGG(:,1,1)= SL1+(SH1-SL1)*rand(population,1,1);
PGG(:,2,1)= abs(round(LL1+(LH1-LL1)*rand(population,1,1)));

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%PGG(1,1,1)= 1.8074;
%PGG(1,2,1)= 56;

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%PGG(10,1,1)= 2.4939;
%PGG(10,2,1)= 12;
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
pbest = PGG;
gbest=zeros(population,D,itmax);
H =zeros(itmax,D);%gbest|iter

%Initialization of velocities of agents
Vo=zeros(population,D,itmax);

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

% Finding the Original Loss
% =====

Plss=0;
Qlss=0;
for i=1:N
    for k=1:N
        % approximate loss calculation
        Plss=Plss+(alpha(i,k)*(Pi(i)*Pi(k)+Qi(i)*Qi(k))+beta(i,k)*(Qi(i)*Pi(k)-
        Pi(i)*Qi(k)));
        % approximate loss calculation
        Qlss=Qlss+(gama(i,k)*(Pi(i)*Pi(k)+Qi(i)*Qi(k))+geta(i,k)*(Qi(i)*Pi(k)-
        Pi(i)*Qi(k)));
    end
end

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%Process2%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

PL=zeros(population,1,itmax);%loss
QL=zeros(population,1,itmax);
%Pii=Pi;

for iter=1:itmax-1
    iter

    %reline
    if iter == 50 || iter == 55 ||iter == 60||iter == 65||iter == 70||iter ==
    75||iter == 80||iter == 85||iter == 90||iter == 95
        PGG(:,1,iter)= SL1+(SH1-SL1)*rand;
        PGG(:,2,iter)= abs(round(LL1+(LH1-LL1)*rand));
        PGG(10,:,iter)=gbest(10,:,iter-1);
    end

    %Pii=Pi;

```

```

%W(iter)=1;
%W(iter)=wmax-((wmax-wmin)/itmax)*iter;
%W=W + ((wmin-wmax)/itmax);%APSO
W=(0.9-0.4)*(itmax-iter)/(itmax+0.4);%GLN-PSO
for mm=1:population

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

input50nxx;

%input52pumoxx;
Pg(PGG(mm,2,iter))=(PGG(mm,1,iter))/baseMVA;

while itt<maxitt&&dVmax>maxmis

    itt=itt+1;
    % Calculating Nodal Current
    for cc=1:N;

        Pi(cc)=(Pl(cc)-Pg(cc));
        Qi(cc)=(Ql(cc)-Qg(cc));

        In(cc,:)=(Pi(cc)-j*Qi(cc))/(conj(V(cc))); % In is the load current

    end
    for cc=2:N;
        I(cc-1)=In(cc);
    end

%BACKWARD SWEEP
Vk=V;
for dd=1:n;
    a=N-dd;
    for b=1:n;
        if FN(b)==a+1
            c=TN(b);
            I(a)=I(a)+I(c-1)+j*B(c-1)*V(a+1);
        end
    end
    I(a)=I(a)+j*V(a+1)*B(a)/2; %I is the branch current
end

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% FORWARD SWEEP
for ee=1:n;
    ff=FN(ee);
    V(ee+1)=V(ff)-(R(ee)+j*X(ee))*I(ee);
    dV(ee)=abs(V(ee+1)-Vk(ee+1));
end
dVmax=max(dV);
end

        for cc=1:N

            Pi(cc)=(Pg(cc)-Pl(cc));
            Qi(cc)=(Qg(cc)-Ql(cc));

        end

Vm=abs(V);%*baseKV;
Delta=angle(V);

```

```

for hh=1:N
    for ii=1:N
        alpha(hh,ii)=Rik(hh,ii)*cos(Delta(hh)-Delta(ii))/(Vm(hh)*Vm(ii));
        beta(hh,ii)=Rik(hh,ii)*sin(Delta(hh)-Delta(ii))/(Vm(hh)*Vm(ii));
        gama(hh,ii)=Xik(hh,ii)*cos(Delta(hh)-Delta(ii))/(Vm(hh)*Vm(ii));
        geta(hh,ii)=Xik(hh,ii)*sin(Delta(hh)-Delta(ii))/(Vm(hh)*Vm(ii));
    end
end

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
PL(mm,1,iter)=0;
QL(mm,1,iter)=0;
    for i=1:N % i is the bus contating DG...we will test by placing one by one
in each bus
        for k=1:N

PL(mm,1,iter)=PL(mm,1,iter)+(alpha(i,k)*(Pi(i)*Pi(k)+Qi(i)*Qi(k))+beta(i,k)*(Q
i(i)*Pi(k)-Pi(i)*Qi(k))); % approximate loss calculation

QL(mm,1,iter)=QL(mm,1,iter)+(gama(i,k)*(Pi(i)*Pi(k)+Qi(i)*Qi(k))+geta(i,k)*(Q
i(i)*Pi(k)-Pi(i)*Qi(k))); % approximate loss calculation
        end
    end
end

end

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%Process3%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
[C,L]=min(abs(PL(:, :, iter)));

gbest(1,1,iter)=PGG(L,1,iter); % size
H(iter,1)=PGG(L,1,iter);

gbest(1,2,iter)=PGG(L,2,iter); % location
H(iter,2)=PGG(L,2,iter);

e1(1,iter)=C;%PL
e2(1,iter)=QL(L,1,iter);%QL

for mm=1:population
    gbest(mm,1,iter)=gbest(1,1,iter);
    gbest(mm,2,iter)=gbest(1,2,iter);
end
%\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\ Pnid : near neighbor Matrix by max FDR

PGG=PGG*baseMVA;
PL=PL*baseMVA*1000;
C=C*baseMVA*1000;
for mm=1:population
    if mm ~= L
        for d=1:D
            if PGG(mm,d,iter)~=PGG(L,d,iter)
                FDR(mm,d)=(PL(mm,1,iter)-C)/(abs(PGG(mm,d,iter)-PGG(L,d,iter)));
            end
            if PGG(mm,d,iter)==PGG(L,d,iter);
                FDR(mm,d)=-100;
            end
        end
    end
end

```

```

        end
    end
end
end
end
PGG=PGG/baseMVA;
PL=PL/(baseMVA*1000);
C=C/(baseMVA*1000);

[CC, II]=max(FDR(:, 1));
[CCC, III]=max(FDR(:, 2));

pnid(1, 1, iter)=PGG(II, 1, iter);
pnid(1, 2, iter)=PGG(III, 2, iter);

for mm=1:population
    pnid(mm, 1, iter)=pnid(1, 1, iter);
    pnid(mm, 2, iter)=pnid(1, 2, iter);
end

%\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\ Plid : local best Matrix
for m=1:K-1

    if L < (population-(K-1)/2) && L > ((K-1)/2)
        if m <= (K-1)/2
            M1(m, :)=PGG(L+m, :, iter);
            M2(m)=PL(L+m, :, iter);
        end

        if m > (K-1)/2
            M1(m, :)=PGG(L-(m-((K-1)/2)), :, iter);
            M2(m)=PL(L-(m-((K-1)/2)), :, iter);
        end
    end

    if (population-(K-1)/2) <=L && (K-1)/2 >=L

        if m <= (K-1)/2
            if L+m > population
                L = L+m-population;
                M1(m, :)=PGG(L, :, iter);
                M2(m)=PL(L, :, iter);
            end
        end

        if m > (K-1)/2
            if L-(m-((K-1)/2)) <=0
                L = population-(m-((K-1)/2))-L;
                M1(m, :)=PGG(L, :, iter);
                M2(m)=PL(L, :, iter);
            end
        end
    end

end

end
end

[C, L]=min(M2);
plid(1, 1, iter)=M1(L, 1); % size
plid(1, 2, iter)=M1(L, 2); % location

for mm=1:population
    plid(mm, 1, iter)=plid(1, 1, iter);
    plid(mm, 2, iter)=plid(1, 2, iter);
end

```

```

end

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%Process4%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%Update
%Vo(:, :, iter+1)=Vo(:, :, iter)+c1*rand*(pbest(:, :, iter)-
PGG(:, :, iter))+c2*rand*(gbest(:, :, iter)-PGG(:, :, iter));%BPSO
%Vo(:, :, iter+1)=W*Vo(:, :, iter)+c1*rand*(pbest(:, :, iter)-
PGG(:, :, iter))+c2*rand*(gbest(:, :, iter)-PGG(:, :, iter));%APSO
Vo(:, :, iter+1)=W*Vo(:, :, iter)+Cp*rand*(pbest(:, :, iter)-
PGG(:, :, iter))+Cg*rand*(gbest(:, :, iter)-
PGG(:, :, iter))+Cl*rand*(plid(:, :, iter)-PGG(:, :, iter))+Cn*rand*(pnid(:, :, iter)-
PGG(:, :, iter));%GLNPSO
PGG(:, :, iter+1)=PGG(:, :, iter)+Vo(:, :, iter+1);

PGG(:, 1, iter+1)=abs(PGG(:, 1, iter+1));
PGG(:, 2, iter+1)=round(PGG(:, 2, iter+1));

        for mm=1:population
            if
(PGG(mm, 2, iter+1)<2) || (PGG(mm, 2, iter+1)>LH1) || (PGG(mm, 1, iter+1)>SH1);
                PGG(mm, 1, iter+1)= SL1+(SH1-SL1)*rand;
                PGG(mm, 2, iter+1)= abs(round(LL1+(LH1-LL1)*rand));
            end
        end

PGG(1, 1, iter+1)= gbest(1, 1, iter);
PGG(1, 2, iter+1)= gbest(1, 2, iter);

pbest = PGG;

end

gbest(1, 1, itmax-1)
gbest(1, 2, itmax-1)

e1(1, itmax-1)
plot(1:1:itmax-1, e1(1, 1:itmax-1)*baseMVA*1000)
hold on

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%Process5%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
display%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

F = zeros(1, itmax-1);

for i=1:itmax-1
    result(i, 1)=H(i, 1);
    result(i, 2)=H(i, 2);
    result(i, 3)=e1(1, i)*baseMVA*1000;
    result(i, 4)=e2(1, i)*baseMVA*1000;
F(1, i)=result(i, 3);
end
%F
%statistic

Avg = mean(F);
Mini = min(F);
Maxi = max(F);
SD = std(F);

```

```

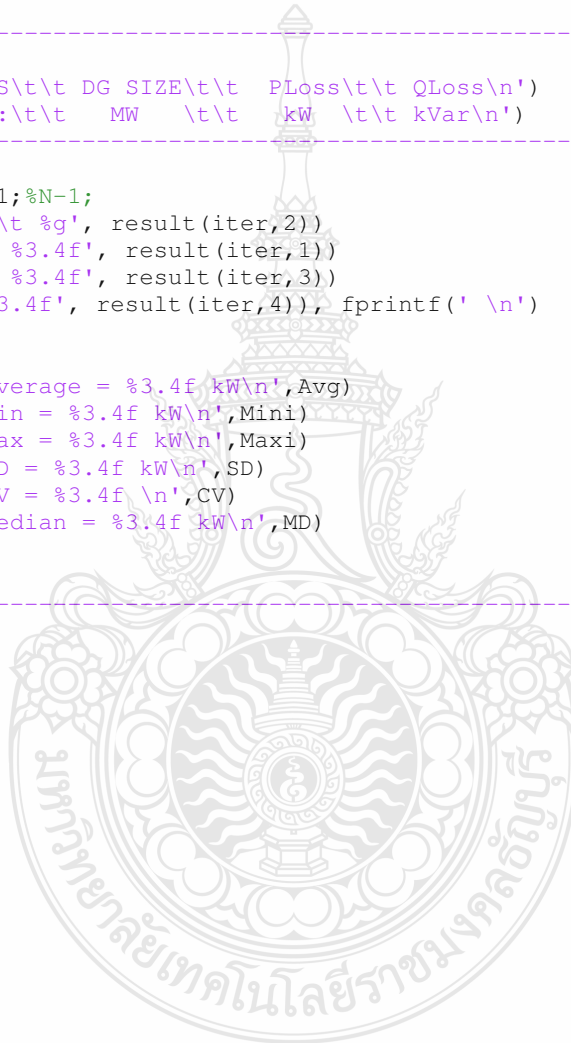
CV = SD/Avg;
MD = median(F);

fprintf('\n')
fprintf('\t\t\t\t\t Optimal placement of DGs using particle swarm
optimization.\n')
fprintf('\t\t\t\t\t Program By: Weerachai Phuangpornpitak \n\n')
fprintf('\t\t\t\t\t *** Considering reduce real power loss in system. ***\n\n')
fprintf('\t\t\t\t\t The Real Power Loss in the original System      = %3.4f
kW\n',Plss*baseMVA*1000)
fprintf('\t\t\t\t\t The Reactive Power Loss in the original System    = %3.4f
KVar\n',Qlss*baseMVA*1000)
fprintf('\n')
fprintf('\t\t\t\t\t-----\n')
fprintf('\n')
fprintf('\t\t\t\t\tBUS\t\t\t DG SIZE\t\t\t PLoss\t\t\t QLoss\n')
fprintf('\t\t\t\t\tNo:\t\t\t MW   \t\t\t kW   \t\t\t kVar\n')
fprintf('\t\t\t\t\t-----\n')
fprintf('\n')
for iter=1:itmax-1;%N-1;
    fprintf('\t\t\t\t\t %g', result(iter,2))
    fprintf('\t\t\t\t\t %3.4f', result(iter,1))
    fprintf('\t\t\t\t\t %3.4f', result(iter,3))
    fprintf(' \t\t\t\t\t %3.4f', result(iter,4)), fprintf(' \n')
end

fprintf('\t\t\t\t\t Average = %3.4f kW\n',Avg)
fprintf('\t\t\t\t\t Min = %3.4f kW\n',Mini)
fprintf('\t\t\t\t\t Max = %3.4f kW\n',Maxi)
fprintf('\t\t\t\t\t SD = %3.4f kW\n',SD)
fprintf('\t\t\t\t\t CV = %3.4f \n',CV)
fprintf('\t\t\t\t\t Median = %3.4f kW\n',MD)

fprintf('\t\t\t\t\t-----\n')
fprintf('\n')

```



โปรแกรมการหาตำแหน่งติดตั้ง DG ที่เหมาะสมโดยใช้ PSO ของระบบจำหน่ายแบบ
 เรเดียล 59 บัส ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเขต 1 ภาคกลาง

```

%% system MVA base
clear
clc
% Base MVA = 10 MVA
baseMVA = 10;
% Base kV = 12.66 kV.
baseKV=12.660;
%% bus data
%bus_i type Pd Qd Gs Bs area Vm Va baseKV zone Vmax Vmin
bus = [
1 3 0.00000 0.00000 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
2 1 0.27600 0.15200 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
3 1 0.01800 0.01000 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
4 1 0.08800 0.04800 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
5 1 0.55100 0.30500 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
6 1 0.27600 0.15200 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
7 1 0.27600 0.15200 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
8 1 0.08800 0.04800 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
9 1 0.35000 0.19400 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
10 1 0.27600 0.15200 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
11 1 0.55100 0.30500 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
12 1 0.01800 0.01000 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
13 1 0.35000 0.19400 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
14 1 0.04400 0.02400 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
15 1 0.55100 0.30500 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
16 1 0.04400 0.02400 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
17 1 0.27600 0.15200 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
18 1 0.27600 0.15200 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
19 1 0.01800 0.01000 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
20 1 0.35000 0.19400 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
21 1 0.04400 0.02400 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
22 1 0.01800 0.01000 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
23 1 0.27600 0.15200 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
24 1 0.04400 0.02400 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
25 1 0.35000 0.19400 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
26 1 0.04400 0.02400 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
27 1 0.27600 0.15200 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
28 1 0.04400 0.02400 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
29 1 0.01800 0.01000 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
30 1 0.27600 0.15200 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
31 1 0.04400 0.02400 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
32 1 0.35000 0.19400 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
33 1 0.55100 0.30500 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
34 1 0.08800 0.04800 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
35 1 0.27600 0.15200 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
36 1 0.27600 0.15200 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
37 1 0.08800 0.04800 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
38 1 0.08800 0.04800 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
39 1 0.08800 0.04800 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
40 1 0.27600 0.15200 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
41 1 0.08800 0.04800 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
42 1 0.08800 0.04800 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
43 1 0.04400 0.02400 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
44 1 0.35000 0.19400 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
45 1 0.27600 0.15200 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
46 1 0.55100 0.30500 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
47 1 0.27600 0.15200 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;

```

```

48 1 0.55100 0.30500 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
49 1 0.01800 0.01000 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
50 1 0.08800 0.04800 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
51 1 0.27600 0.15200 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
52 1 0.01800 0.01000 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
53 1 0.04400 0.02400 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
54 1 0.35000 0.19400 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
55 1 0.27600 0.15200 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
56 1 0.35000 0.19400 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
57 1 0.04400 0.02400 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
58 1 0.27600 0.15200 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
59 1 0.01800 0.01000 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
];

%% generator data
% bus Pg Qg Qmax Qmin Vg mBase status Pmax Pmin
gen = [
1 0 0 20 -20 1 10 1 10 0;
];

%% branch data
% fbus tbus r x b rateA rateB rateC ratio angle status
branch = [
1 2 0.0002660 0.0006170 0 20 20 20 0 0 1 ;
2 3 0.0002170 0.0005040 0 20 20 20 0 0 1 ;
3 4 0.0001310 0.0003040 0 20 20 20 0 0 1 ;
4 5 0.0018180 0.0042170 0 20 20 20 0 0 1 ;
5 6 0.0003570 0.0008520 0 20 20 20 0 0 1 ;
6 7 0.0003500 0.0008110 0 20 20 20 0 0 1 ;
7 8 0.0006840 0.0015870 0 20 20 20 0 0 1 ;
8 9 0.0000750 0.0001740 0 20 20 20 0 0 1 ;
9 10 0.0005010 0.0011610 0 20 20 20 0 0 1 ;
10 11 0.0006420 0.0014880 0 20 20 20 0 0 1 ;
11 12 0.0003750 0.0008700 0 20 20 20 0 0 1 ;
12 13 0.0010920 0.0025330 0 20 20 20 0 0 1 ;
13 14 0.0005560 0.0012900 0 20 20 20 0 0 1 ;
14 15 0.0004820 0.0011170 0 20 20 20 0 0 1 ;
15 16 0.0008010 0.0018580 0 20 20 20 0 0 1 ;
16 17 0.0005510 0.0010840 0 16 16 16 0 0 1 ;
17 18 0.0002580 0.0005070 0 16 16 16 0 0 1 ;
18 19 0.0005760 0.0011340 0 16 16 16 0 0 1 ;
19 20 0.0004250 0.0008350 0 16 16 16 0 0 1 ;
20 21 0.0004720 0.0009280 0 16 16 16 0 0 1 ;
21 22 0.0001430 0.0002820 0 16 16 16 0 0 1 ;
22 23 0.0001510 0.0002960 0 16 16 16 0 0 1 ;
23 24 0.0005320 0.0010470 0 16 16 16 0 0 1 ;
24 25 0.0002140 0.0004210 0 16 16 16 0 0 1 ;
25 26 0.0001490 0.0002940 0 16 16 16 0 0 1 ;
26 27 0.0001490 0.0002940 0 16 16 16 0 0 1 ;
27 28 0.0013440 0.0026440 0 16 16 16 0 0 1 ;
28 29 0.0004750 0.0009350 0 16 16 16 0 0 1 ;
29 30 0.0004470 0.0008800 0 16 16 16 0 0 1 ;
30 31 0.0020090 0.0039520 0 16 16 16 0 0 1 ;
31 32 0.0007550 0.0014860 0 16 16 16 0 0 1 ;
31 32 0.0007550 0.0014860 0 16 16 16 0 0 1 ;
32 33 0.0020400 0.0040130 0 16 16 16 0 0 1 ;
33 34 0.0006790 0.0013350 0 16 16 16 0 0 1 ;
34 35 0.0023190 0.0045620 0 16 16 16 0 0 1 ;
35 36 0.0012620 0.0024820 0 16 16 16 0 0 1 ;
4 37 0.0012100 0.0008540 0 6 6 6 0 0 1 ;
37 38 0.0012100 0.0008540 0 6 6 6 0 0 1 ;
38 39 0.0024560 0.0017340 0 6 6 6 0 0 1 ;
39 40 0.0012390 0.0008750 0 6 6 6 0 0 1 ;
];

```



```

while itt<maxitt&dVmax>maxmis
    itt=itt+1;
    % Calculating Nodal Current
    for cc=1:N;
        Pi(cc)=(P1(cc)-Pg(cc));
        Qi(cc)=(Q1(cc)-Qg(cc));
        In(cc,:)=(Pi(cc)-j*Qi(cc))/(conj(V(cc))); % In is the load current
    end
    for cc=2:N;
        I(cc-1)=In(cc);
    end

%BACKWARD SWEEP
Vk=V;
for dd=1:n;
    a=N-dd;
    for b=1:n;
        if FN(b)==a+1
            c=TN(b);
            I(a)=I(a)+I(c-1)+j*B(c-1)*V(a+1);
        end
    end
    end
    I(a)=I(a)+j*V(a+1)*B(a)/2; %I is the branch current
end

% FORWARD SWEEP
for ee=1:n;
    ff=FN(ee);
    V(ee+1)=V(ff)-(R(ee)+j*X(ee))*I(ee);
    dV(ee)=abs(V(ee+1)-Vk(ee+1));
end
dVmax=max(dV);
end

for gg=1:N
    Pi(gg)=(Pg(gg)-P1(gg));
    Qi(gg)=(Qg(gg)-Q1(gg));
end
Vm=abs(V);%*baseKV;
Delta=angle(V);
for hh=1:N
    for ii=1:N
        alpha(hh,ii)=Rik(hh,ii)*cos(Delta(hh)-Delta(ii))/(Vm(hh)*Vm(ii));
        beta(hh,ii)=Rik(hh,ii)*sin(Delta(hh)-Delta(ii))/(Vm(hh)*Vm(ii));
        gama(hh,ii)=Xik(hh,ii)*cos(Delta(hh)-Delta(ii))/(Vm(hh)*Vm(ii));
        geta(hh,ii)=Xik(hh,ii)*sin(Delta(hh)-Delta(ii))/(Vm(hh)*Vm(ii));
    end
end
LL1=2; %limit of min location
LH1=59;%limit of max location
LL2=2; %limit of min location
LH2=59;%limit of max location
LL3=2; %limit of min location
LH3=59;%limit of max location

SL1=0.05;%limit of min size DG
SH1=10; %limit of max size DG
SL2=0.05;%limit of min size DG
SH2=10; %limit of max size DG
SL3=0.05;%limit of min size DG
SH3=10; %limit of max size DG

```

```

%% system MVA base
%clear
clc
% Base MVA = 10 MVA
baseMVA = 10;
% Base kV = 12.66 kV.
baseKV=12.660;
%% bus data
%bus_i type Pd      Qd      Gs  Bs area Vm  Va baseKV zone Vmax Vmin
bus = [
1  3  0.00000 0.00000      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
2  1  0.27600 0.15200      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
3  1  0.01800 0.01000      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
4  1  0.08800 0.04800      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
5  1  0.55100 0.30500      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
6  1  0.27600 0.15200      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
7  1  0.27600 0.15200      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
8  1  0.08800 0.04800      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
9  1  0.35000 0.19400      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
10 1  0.27600 0.15200      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
11 1  0.55100 0.30500      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
12 1  0.01800 0.01000      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
13 1  0.35000 0.19400      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
14 1  0.04400 0.02400      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
15 1  0.55100 0.30500      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
16 1  0.04400 0.02400      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
17 1  0.27600 0.15200      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
18 1  0.27600 0.15200      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
19 1  0.01800 0.01000      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
20 1  0.35000 0.19400      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
21 1  0.04400 0.02400      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
22 1  0.01800 0.01000      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
23 1  0.27600 0.15200      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
24 1  0.04400 0.02400      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
25 1  0.35000 0.19400      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
26 1  0.04400 0.02400      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
27 1  0.27600 0.15200      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
28 1  0.04400 0.02400      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
29 1  0.01800 0.01000      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
30 1  0.27600 0.15200      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
31 1  0.04400 0.02400      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
32 1  0.35000 0.19400      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
33 1  0.55100 0.30500      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
34 1  0.08800 0.04800      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
35 1  0.27600 0.15200      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
36 1  0.27600 0.15200      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
37 1  0.08800 0.04800      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
38 1  0.08800 0.04800      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
39 1  0.08800 0.04800      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
40 1  0.27600 0.15200      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
41 1  0.08800 0.04800      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
42 1  0.08800 0.04800      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
43 1  0.04400 0.02400      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
44 1  0.35000 0.19400      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
45 1  0.27600 0.15200      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
46 1  0.55100 0.30500      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
47 1  0.27600 0.15200      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
48 1  0.55100 0.30500      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
49 1  0.01800 0.01000      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
50 1  0.08800 0.04800      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;
51 1  0.27600 0.15200      0  0  1  1  0  12.66  1  1.1 0.95 ;

```

```

52 1 0.01800 0.01000 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
53 1 0.04400 0.02400 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
54 1 0.35000 0.19400 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
55 1 0.27600 0.15200 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
56 1 0.35000 0.19400 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
57 1 0.04400 0.02400 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
58 1 0.27600 0.15200 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;
59 1 0.01800 0.01000 0 0 1 1 0 12.66 1 1.1 0.95 ;

];

%% generator data
% bus Pg Qg Qmax Qmin Vg mBase status Pmax Pmin
gen = [
1 0 0 20 -20 1 10 1 10 0;
];

%% branch data
% fbus tbus r x b rateA rateB rateC ratio angle status
branch = [
1 2 0.0002660 0.0006170 0 20 20 20 0 0 1 ;
2 3 0.0002170 0.0005040 0 20 20 20 0 0 1 ;
3 4 0.0001310 0.0003040 0 20 20 20 0 0 1 ;
4 5 0.0018180 0.0042170 0 20 20 20 0 0 1 ;
5 6 0.0003570 0.0008520 0 20 20 20 0 0 1 ;
6 7 0.0003500 0.0008110 0 20 20 20 0 0 1 ;
7 8 0.0006840 0.0015870 0 20 20 20 0 0 1 ;
8 9 0.0000750 0.0001740 0 20 20 20 0 0 1 ;
9 10 0.0005010 0.0011610 0 20 20 20 0 0 1 ;
10 11 0.0006420 0.0014880 0 20 20 20 0 0 1 ;
11 12 0.0003750 0.0008700 0 20 20 20 0 0 1 ;
12 13 0.0010920 0.0025330 0 20 20 20 0 0 1 ;
13 14 0.0005560 0.0012900 0 20 20 20 0 0 1 ;
14 15 0.0004820 0.0011170 0 20 20 20 0 0 1 ;
15 16 0.0008010 0.0018580 0 20 20 20 0 0 1 ;
16 17 0.0005510 0.0010840 0 16 16 16 0 0 1 ;
17 18 0.0002580 0.0005070 0 16 16 16 0 0 1 ;
18 19 0.0005760 0.0011340 0 16 16 16 0 0 1 ;
19 20 0.0004250 0.0008350 0 16 16 16 0 0 1 ;
20 21 0.0004720 0.0009280 0 16 16 16 0 0 1 ;
21 22 0.0001430 0.0002820 0 16 16 16 0 0 1 ;
22 23 0.0001510 0.0002960 0 16 16 16 0 0 1 ;
23 24 0.0005320 0.0010470 0 16 16 16 0 0 1 ;
24 25 0.0002140 0.0004210 0 16 16 16 0 0 1 ;
25 26 0.0001490 0.0002940 0 16 16 16 0 0 1 ;
26 27 0.0001490 0.0002940 0 16 16 16 0 0 1 ;
27 28 0.0013440 0.0026440 0 16 16 16 0 0 1 ;
28 29 0.0004750 0.0009350 0 16 16 16 0 0 1 ;
29 30 0.0004470 0.0008800 0 16 16 16 0 0 1 ;
30 31 0.0020090 0.0039520 0 16 16 16 0 0 1 ;
31 32 0.0007550 0.0014860 0 16 16 16 0 0 1 ;
31 32 0.0007550 0.0014860 0 16 16 16 0 0 1 ;
32 33 0.0020400 0.0040130 0 16 16 16 0 0 1 ;
33 34 0.0006790 0.0013350 0 16 16 16 0 0 1 ;
34 35 0.0023190 0.0045620 0 16 16 16 0 0 1 ;
35 36 0.0012620 0.0024820 0 16 16 16 0 0 1 ;
4 37 0.0012100 0.0008540 0 6 6 6 0 0 1 ;
37 38 0.0012100 0.0008540 0 6 6 6 0 0 1 ;
38 39 0.0024560 0.0017340 0 6 6 6 0 0 1 ;
39 40 0.0012390 0.0008750 0 6 6 6 0 0 1 ;
40 41 0.0001460 0.0001030 0 6 6 6 0 0 1 ;
13 42 0.0043770 0.0024250 0 7 7 7 0 0 1 ;
42 43 0.0054150 0.0030000 0 7 7 7 0 0 1 ;

```

```

43 44 0.0018970 0.0010510 0 7 7 7 0 0 1 ;
15 45 0.0004360 0.0010120 0 20 20 20 0 0 1 ;
45 46 0.0018500 0.0042910 0 20 20 20 0 0 1 ;
46 47 0.0004370 0.0010130 0 20 20 20 0 0 1 ;
47 48 0.0008220 0.0019070 0 20 20 20 0 0 1 ;
48 49 0.0005050 0.0011700 0 20 20 20 0 0 1 ;
49 50 0.0009320 0.0021630 0 20 20 20 0 0 1 ;
50 51 0.0004530 0.0002510 0 7 7 7 0 0 1 ;
47 52 0.0026310 0.0014570 0 7 7 7 0 0 1 ;
52 53 0.0010950 0.0006070 0 7 7 7 0 0 1 ;
53 54 0.0003060 0.0001700 0 7 7 7 0 0 1 ;
24 55 0.0002050 0.0004020 0 16 16 16 0 0 1 ;
55 56 0.0004240 0.0008340 0 16 16 16 0 0 1 ;
56 57 0.0003560 0.0007010 0 16 16 16 0 0 1 ;
57 58 0.0071820 0.0050710 0 6 6 6 0 0 1 ;
32 59 0.0084510 0.0059680 0 6 6 6 0 0 1 ;
];

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
bustype=bus(:,2);
N=length(bustype); % N is the number of nodes
n=N-1; % n is the number of sections
j=sqrt(-1);
V=ones(N,1)+j*zeros(N,1); % Flat start
for aa=1:N
    if bustype(aa)==3
        V(aa)=0.98 ; % Setting the value of voltages of 0.98 for Generator
    bus
    end
end
maxmis=0.0001; % Maximum mismatch
maxitt=100; % Maximum iteration
itt=0;
dVmax=1;
Pl=bus(:,3)/baseMVA;
Ql=bus(:,4)/baseMVA;
FN=branch(:,1);
TN=branch(:,2);
R=branch(:,3);
X=branch(:,4);
B=branch(:,5);
Pg=zeros(N,1);
Qg=zeros(N,1);
% Calculated Impedance
Z=n+1;
zbus=zeros(Z,Z);
zbus(1,1)=0+j*0.000000001;

for bb=1:n
    a=FN(bb);
    b=TN(bb);
    zbus(b,:)=zbus(a,:);
    zbus(:,b)=zbus(:,a);
    zbus(b,b)=zbus(a,a)+R(bb)+j*X(bb);
end
Rik=real(zbus); % Finding R bus
Xik=imag(zbus); % Finding X bus

LL1=2; %limit of min location
LH1=59;%limit of max location
LL2=2; %limit of min location
LH2=59;%limit of max location
LL3=2; %limit of min location

```

```

LH3=59;%limit of max location

SL1=0.05;%limit of min size DG
SH1=10; %limit of max size DG
SL2=0.05;%limit of min size DG
SH2=10; %limit of max size DG
SL3=0.05;%limit of min size DG
SH3=10; %limit of max size DG

clc
clear all
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%Process1%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%Data system
input59n;

%Initialization of positions of agents

population=100; %population
D=2; %Variable 2

%Initialization of PSO parameters
W = 1;%int
wmax=0.9;
wmin=0.4;
itmax=100; %Maximum iteration number
e1=zeros(1,itmax);%PL
e2=zeros(1,itmax);%QL
%c1=2;
%c2=2;

Cp=1;
Cg=1;
Cl=1;
Cn=1;
K=5; %near neighbor
M1=zeros(K-1,D);%local about near local
M2=zeros(K-1,1);%local loss
plid=zeros(population,D,itmax);
pnid=zeros(population,D,itmax);
FDR=zeros(population,D);

%Initialization of positions of agents
PGG=zeros(population,D,itmax);
PGG(:,1,1)= SL1+(SH1-SL1)*rand(population,1,1);
PGG(:,2,1)= abs(round(LL1+(LH1-LL1)*rand(population,1,1)));

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%PGG(1,1,1)= 1.8074;
%PGG(1,2,1)= 56;

%PGG(10,1,1)= 2.4939;
%PGG(10,2,1)= 12;
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
pbest = PGG;
gbest=zeros(population,D,itmax);
H =zeros(itmax,D);%gbest|iter

%Initialization of velocities of agents
Vo=zeros(population,D,itmax);

```



```

%xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx

% Finding the Original Loss
% =====

Plss=0;
Qlss=0;
for i=1:N
    for k=1:N
        % approximate loss calculation
        Plss=Plss+(alpha(i,k)*(Pi(i)*Pi(k)+Qi(i)*Qi(k))+beta(i,k)*(Qi(i)*Pi(k)-
        Pi(i)*Qi(k)));
        % approximate loss calculation
        Qlss=Qlss+(gama(i,k)*(Pi(i)*Pi(k)+Qi(i)*Qi(k))+geta(i,k)*(Qi(i)*Pi(k)-
        Pi(i)*Qi(k)));
    end
end

%xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%Process2%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

PL=zeros(population,1,itmax);%loss
QL=zeros(population,1,itmax);
%Pi=Pi;

for iter=1:itmax-1
    iter

    %reline
    if iter == 50 || iter == 55 ||iter == 60||iter == 65||iter == 70||iter ==
    75||iter == 80||iter == 85||iter == 90||iter == 95
    PGG(:,1,iter)= SL1+(SH1-SL1)*rand;
    PGG(:,2,iter)= abs(round(LL1+(LH1-LL1)*rand));
    PGG(10,:,iter)=gbest(10,:,iter-1);
    end

    %Pi=Pi;
    %W(iter)=1;
    %W(iter)=wmax-((wmax-wmin)/itmax)*iter;
    %W=W +((wmin-wmax)/itmax);%APSO
    W=(0.9-0.4)*(itmax-iter)/(itmax+0.4);%GLN-PSO
    for mm=1:population

        %xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx

        input59nxx;

        Pg(PGG(mm,2,iter))=(PGG(mm,1,iter))/baseMVA;

        while itt<maxitt&&dVmax>maxmis

            itt=itt+1;
            % Calculating Nodal Current
            for cc=1:N;

                Pi(cc)=(Pl(cc)-Pg(cc));
                Qi(cc)=(Ql(cc)-Qg(cc));
            end
        end
    end
end

```

```

        In(cc,:)=(Pi(cc)-j*Qi(cc))/(conj(V(cc))); % In is the load current
    end
    for cc=2:N;
        I(cc-1)=In(cc);
    end

%BACKWARD SWEEP
Vk=V;
for dd=1:n;
    a=N-dd;
    for b=1:n;
        if FN(b)==a+1
            c=TN(b);
            I(a)=I(a)+I(c-1)+j*B(c-1)*V(a+1);
        end
    end
    I(a)=I(a)+j*V(a+1)*B(a)/2; %I is the branch current
end

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% FORWARD SWEEP
for ee=1:n;
    ff=FN(ee);
    V(ee+1)=V(ff)-(R(ee)+j*X(ee))*I(ee);
    dV(ee)=abs(V(ee+1)-Vk(ee+1));
end
dVmax=max(dV);
end

        for cc=1:N

            Pi(cc)=(Pg(cc)-Pl(cc));
            Qi(cc)=(Qg(cc)-Ql(cc));

        end

Vm=abs(V); %*baseKV;
Delta=angle(V);

for hh=1:N
    for ii=1:N
        alpha(hh,ii)=Rik(hh,ii)*cos(Delta(hh)-Delta(ii))/(Vm(hh)*Vm(ii));
        beta(hh,ii)=Rik(hh,ii)*sin(Delta(hh)-Delta(ii))/(Vm(hh)*Vm(ii));
        gama(hh,ii)=Xik(hh,ii)*cos(Delta(hh)-Delta(ii))/(Vm(hh)*Vm(ii));
        geta(hh,ii)=Xik(hh,ii)*sin(Delta(hh)-Delta(ii))/(Vm(hh)*Vm(ii));
    end
end

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
    PL(mm,1,iter)=0;
    QL(mm,1,iter)=0;
    for i=1:N % i is the bus contating DG...we will test by placing one by one
        in each bus
            for k=1:N

                PL(mm,1,iter)=PL(mm,1,iter)+(alpha(i,k)*(Pi(i)*Pi(k)+Qi(i)*Qi(k))+beta(i,k)*(Q
                i(i)*Pi(k)-Pi(i)*Qi(k))); % approximate loss calculation

                QL(mm,1,iter)=QL(mm,1,iter)+(gama(i,k)*(Pi(i)*Pi(k)+Qi(i)*Qi(k))+geta(i,k)*(Q
                i(i)*Pi(k)-Pi(i)*Qi(k))); % approximate loss calculation
            end
        end
    end
end

```

```

end

end

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%Process3%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
[C,L]=min(abs(PL(:, :, iter)));

gbest(1,1,iter)=PGG(L,1,iter); % size
H(iter,1)=PGG(L,1,iter);

gbest(1,2,iter)=PGG(L,2,iter); % location
H(iter,2)=PGG(L,2,iter);

e1(1,iter)=C;%PL
e2(1,iter)=QL(L,1,iter);%QL

for mm=1:population
    gbest(mm,1,iter)=gbest(1,1,iter);
    gbest(mm,2,iter)=gbest(1,2,iter);
end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% Pnid : near neighbor Matrix by max FDR

PGG=PGG*baseMVA;
PL=PL*baseMVA*1000;
C=C*baseMVA*1000;
for mm=1:population
    if mm ~= L
        for d=1:D
            if PGG(mm,d,iter)~=PGG(L,d,iter)
                FDR(mm,d)=(PL(mm,1,iter)-C)/(abs(PGG(mm,d,iter)-PGG(L,d,iter)));
            end
            if PGG(mm,d,iter)==PGG(L,d,iter);
                FDR(mm,d)=-100;
            end
        end
    end
end
PGG=PGG/baseMVA;
PL=PL/(baseMVA*1000);
C=C/(baseMVA*1000);

[CC,II]=max(FDR(:,1));
[CCC,III]=max(FDR(:,2));

pnid(1,1,iter)=PGG(II,1,iter);
pnid(1,2,iter)=PGG(III,2,iter);

for mm=1:population
    pnid(mm,1,iter)=pnid(1,1,iter);
    pnid(mm,2,iter)=pnid(1,2,iter);
end

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% Plid : local best Matrix
for m=1:K-1

    if L < (population-(K-1)/2) && L > ((K-1)/2)

```

```

if m<=(K-1)/2
M1(m,:)=PGG(L+m,:,iter);
M2(m)=PL(L+m,:,iter);
end

if m>(K-1)/2
M1(m,:)=PGG(L-(m-((K-1)/2)),:,iter);
M2(m)=PL(L-(m-((K-1)/2)),:,iter);
end
end

if (population-(K-1)/2) <=L && (K-1)/2 >=L

if m<=(K-1)/2
if L+m >population
L = L+m-population;
M1(m,:)=PGG(L,:,iter);
M2(m)=PL(L,:,iter);
end
end

if m>(K-1)/2
if L-(m-((K-1)/2))<=0
L = population-(m-((K-1)/2))-L;
M1(m,:)=PGG(L,:,iter);
M2(m)=PL(L,:,iter);
end
end

end
end

[C,L]=min(M2);
plid(1,1,iter)=M1(L,1); % size
plid(1,2,iter)=M1(L,2); % location

for mm=1:population
plid(mm,1,iter)=plid(1,1,iter);
plid(mm,2,iter)=plid(1,2,iter);
end

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%Process4%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%Update
%Vo(:, :, iter+1)=Vo(:, :, iter)+c1*rand*(pbest(:, :, iter)-
PGG(:, :, iter))+c2*rand*(gbest(:, :, iter)-PGG(:, :, iter));%BPSO
%Vo(:, :, iter+1)=W*Vo(:, :, iter)+c1*rand*(pbest(:, :, iter)-
PGG(:, :, iter))+c2*rand*(gbest(:, :, iter)-PGG(:, :, iter));%APSO
Vo(:, :, iter+1)=W*Vo(:, :, iter)+Cp*rand*(pbest(:, :, iter)-
PGG(:, :, iter))+Cg*rand*(gbest(:, :, iter)-
PGG(:, :, iter))+C1*rand*(plid(:, :, iter)-PGG(:, :, iter))+Cn*rand*(pnid(:, :, iter)-
PGG(:, :, iter));%GLNPSO
PGG(:, :, iter+1)=PGG(:, :, iter)+Vo(:, :, iter+1);

PGG(:, 1, iter+1)=abs(PGG(:, 1, iter+1));
PGG(:, 2, iter+1)=round(PGG(:, 2, iter+1));

for mm=1:population
if
(PGG(mm, 2, iter+1)<2) || (PGG(mm, 2, iter+1)>LH1) || (PGG(mm, 1, iter+1)>SH1);
PGG(mm, 1, iter+1)= SL1+(SH1-SL1)*rand;

```

```

        PGG(mm,2,iter+1)= abs(round(LL1+(LH1-LL1)*rand));
    end
end

PGG(1,1,iter+1)= gbest(1,1,iter);
PGG(1,2,iter+1)= gbest(1,2,iter);

pbest = PGG;

end

gbest(1,1,itmax-1)
gbest(1,2,itmax-1)

e1(1,itmax-1)
plot(1:1:itmax-1, e1(1,1:itmax-1)*baseMVA*1000)
hold on

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%Process5
display%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

F = zeros(1,itmax-1);

for i=1:itmax-1
    result(i,1)=H(i,1);
    result(i,2)=H(i,2);
    result(i,3)=e1(1,i)*baseMVA*1000;
    result(i,4)=e2(1,i)*baseMVA*1000;
F(1,i)=result(i,3);
end
%F
%statistic

Avg = mean(F);
Mini = min(F);
Maxi = max(F);
SD = std(F);
CV = SD/Avg;
MD = median(F);

fprintf('\n')
fprintf('\t\t\t Optimal placement of DGs using particle swarm
optimization.\n')
fprintf('\t\t\t\t\t Program By: Weerachai Phuangpornpitak \n\n')
fprintf('\t\t\t *** Considering reduce real power loss in system. ***\n\n')
fprintf('\t\t\t The Real Power Loss in the original System      = %3.4f
kW\n',Plss*baseMVA*1000)
fprintf('\t\t\t The Reactive Power Loss in the original System  = %3.4f
KVar\n',Qlss*baseMVA*1000)
fprintf('\n')
fprintf('\t\t\t\t\t-----
\n')
fprintf('\t\t\t\tBUS\t\t\t DG SIZE\t\t\t PLoss\t\t\t QLoss\n')
fprintf('\t\t\t\tNo:\t\t\t MW \t\t\t kW \t\t\t kVar\n')
fprintf('\t\t\t\t\t-----
\n')
for iter=1:itmax-1;%N-1;
    fprintf('\t\t\t %g', result(iter,2))
    fprintf('\t\t %3.4f', result(iter,1))
    fprintf('\t\t %3.4f', result(iter,3))

```

```
fprintf(' \t%3.4f', result(iter,4)), fprintf(' \n')
end

fprintf('\t\t\t Average = %3.4f kW\n',Avg)
fprintf('\t\t\t Min = %3.4f kW\n',Mini)
fprintf('\t\t\t Max = %3.4f kW\n',Maxi)
fprintf('\t\t\t SD = %3.4f kW\n',SD)
fprintf('\t\t\t CV = %3.4f \n',CV)
fprintf('\t\t\t Median = %3.4f kW\n',MD)

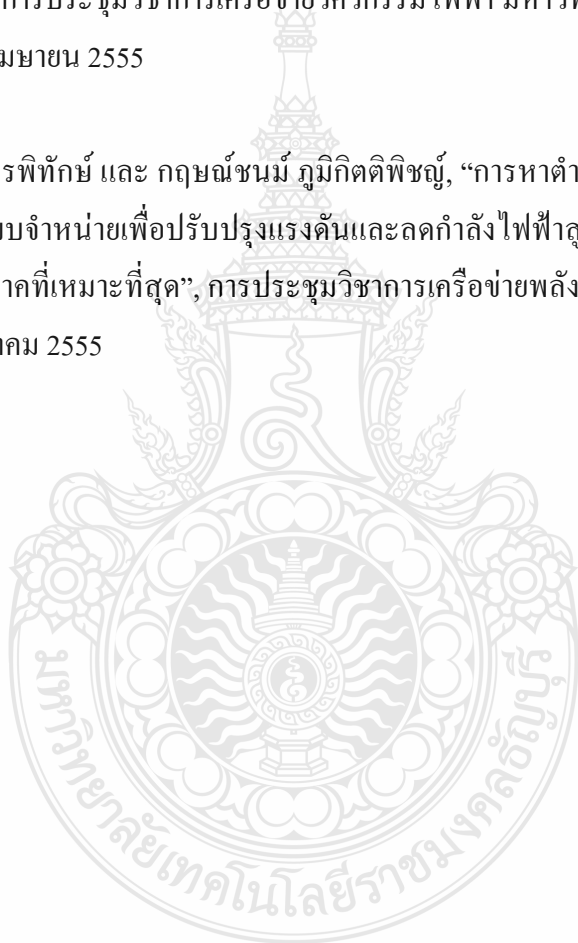
fprintf('\t\t\t-----\n')
\n')
```





ภาคผนวก ค
ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่

1. วีระชัย พ่วงพรพิทักษ์ และ กฤษณ์ชนม์ ภูมิภิตติพิชญ์, “การหาตำแหน่งของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในระบบจำหน่ายโดยวิธีการเคลื่อนตัวของกลุ่มอนุภาคที่เหมาะสมที่สุด”, การประชุมสัมมนาเชิงวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทยครั้งที่ 4, 28-30 พฤศจิกายน 2554
2. วีระชัย พ่วงพรพิทักษ์ และ กฤษณ์ชนม์ ภูมิภิตติพิชญ์, “การหาตำแหน่งและขนาดของเครื่องกำเนิดในระบบจำหน่ายเพื่อลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียโดยวิธีการเคลื่อนตัวของกลุ่มอนุภาคที่เหมาะสมที่สุด”, การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลครั้งที่ 4, 3-5 เมษายน 2555
3. วีระชัย พ่วงพรพิทักษ์ และ กฤษณ์ชนม์ ภูมิภิตติพิชญ์, “การหาตำแหน่งและขนาดของเครื่องกำเนิดในระบบจำหน่ายเพื่อปรับปรุงแรงดันและลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียโดยวิธีการเคลื่อนตัวของกลุ่มอนุภาคที่เหมาะสมที่สุด”, การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 8, 2-4 พฤษภาคม 2555





โครงการการสัมมนาเชิงวิชาการครั้งที่ ๔
“รูปแบบพลังงานทดแทนชุมชนแห่งประเทศไทย”

4 th Thailand Renewable Energy Community Configuration Congress

๒๘ – ๓๐ พฤศจิกายน ๒๕๕๔

กลุ่มของผลงาน

กลุ่มที่ ๑ เทคโนโลยีพลังงานชุมชน

กลุ่มที่ ๒ การจัดการพลังงานชุมชน

กลุ่มที่ ๓ ธุรกิจพลังงานชุมชน

กลุ่มที่ ๔ วิชากิจชุมชน



40 ปี เพื่อสังคมที่ก้าวไกล...
มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ณ อาคารไอพาร์ โรงแรม ธีรปัญญา มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



รายชื่อผู้พิจารณาบทความ
การประชุมสัมมนาเชิงวิชาการ ครั้งที่ ๔

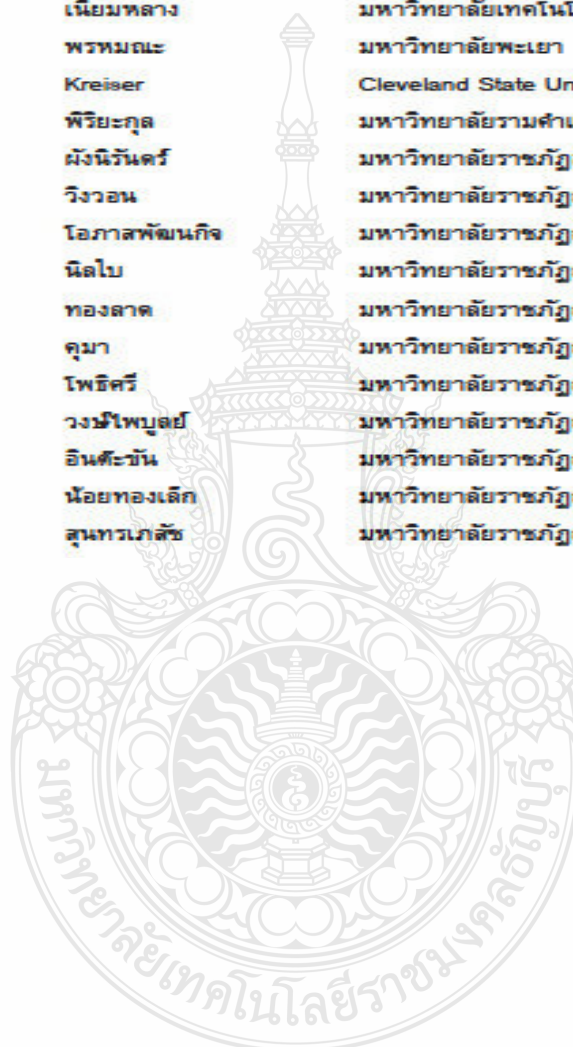
“รูปแบบพลังงานทดแทนของชุมชนแห่งประเทศไทย” ประจำปี ๒๕๕๔

<u>ชื่อ</u>	<u>นามสกุล</u>	<u>มหาวิทยาลัย/สถาบัน</u>
ศ.ดร. ทนงเกียรติ	เกียรติศิริโรจน์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
รศ.ดร. วิวัฒน์พงษ์	วิวัฒน์เขียว	มหาวิทยาลัยพะเยา
รศ.ดร. ศิริชัย	เทพา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ผศ.ดร. นริส	ประทีนทอง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ผศ. ศุภวิทย์	ลวงะสกล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผศ.ดร. สมชาย	มณีวรรณ	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผศ.ดร. ศิรินุช	จินดาวิกรม์	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผศ.ดร. นิพนธ์	เกตุจ้อย	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผศ.ดร. ตีเกะ	บุญนาค	มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต
ผศ.ดร. นุภาพ	แย้มไครพัฒนา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
ดร. บุญยง	ปลั่งกลาง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ดร. วิรัชย์	รอยรินทร์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผศ.ดร. อชิตพล	ศศิธรานูวัฒน์	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์
รศ.ดร.วิลาศ	พุ่มพิมล	มหาวิทยาลัยราชภัฏส่าปาง
ผศ.ดร. อภิวิกรม์	ชัยเสนา	มหาวิทยาลัยราชภัฏส่าปาง
ดร. หลุย	ไทยสุชาติ	มหาวิทยาลัยราชภัฏส่าปาง
ดร. นงลักษณ์	สายเทพ	มหาวิทยาลัยราชภัฏส่าปาง
ดร. สิริพิศ	พิศชวนชม	มหาวิทยาลัยราชภัฏส่าปาง
ดร. พิสิษฐ์	มณีโชติ	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ดร. จันทนา	กาญจรวรรณ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ดร. อ่ำพล	อาวรณ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ดร. วิทยา	พวงสมบัติ	มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต
ดร. วเรศ	วีระลัย	มหาวิทยาลัยมหิดล
ผศ.ดร. กิตติศักดิ์	สมุทรธาวิกรม์	มหาวิทยาลัยราชภัฏส่าปาง
ผศ.ดร. ประสงค์ศักดิ์	อัครพุม	มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
ผศ.ดร. บุญล้ำ	สุาเทว	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
ผศ.ดร. วารุณี	อริยวิริยะนันท์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผศ. ผ่องศรี	ศิวาสักดิ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ดร. สโรชา	เจริญวิทย์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ดร. สดาวพร	ทองวิค	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

รายชื่อผู้พิจารณาบทความ
การประชุมสัมมนาเชิงวิชาการ ครั้งที่ ๔

“รูปแบบพลังงานทดแทนของชุมชนแห่งประเทศไทย” ประจำปี ๒๕๕๔

<u>ชื่อ</u>	<u>นามสกุล</u>	<u>มหาวิทยาลัย/สถาบัน</u>
ดร. จักรวี	ศรีนนท์จันทร์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ดร. ณรงค์ชัย	โอเจริญ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ดร. กฤษณโชนม์	ภูมิภักดีพิชญ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ดร. สุนนมาลัย	เนียมกลาง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ดร. วิรัฐภูมิ	พรหมณะ	มหาวิทยาลัยพะเยา
Ph.D. Larry	Kreiser	Cleveland State University.
รศ.ดร. มนต์วี	พิริยะกุล	มหาวิทยาลัยรามคำแหง
ผศ.ดร. บัณฑิต	ผ่องนิรันดร์	มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
รศ.ดร. บุญทวารณ	วิงวอน	มหาวิทยาลัยราชภัฏส่าปาง
รศ.ดร.อาวรณ์	โอกาสพัฒนกิจ	มหาวิทยาลัยราชภัฏส่าปาง
รศ.ดร. ถวิล	นิลโบ	มหาวิทยาลัยราชภัฏส่าปาง
ผศ.ดร. พรชนก	ทองลาด	มหาวิทยาลัยราชภัฏส่าปาง
ผศ. กาญจนา	คума	มหาวิทยาลัยราชภัฏส่าปาง
ผศ. สุวรรณี	โพธิศรี	มหาวิทยาลัยราชภัฏส่าปาง
ดร. เกรือวัลย์	วงษ์ไพบูลย์	มหาวิทยาลัยราชภัฏส่าปาง
ดร. ไพฑูรย์	อินตะขันธ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏส่าปาง
ดร. ธนกร	น้อยทองเล็ก	มหาวิทยาลัยราชภัฏส่าปาง
ผศ.ดร. ปองปราวณ	สุนทรเกตุซ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏส่าปาง



สารบัญ

บทความ	หน้า
Oral Presentation Session	
กลุ่มที่ 1 เทคโนโลยีพลังงานชุมชน (ET)	
ET001 ระบบการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก ที่ห้วยคำปี บ้านคำนห้วยใต้ ตำบลแม่พูน อำเภอลี้บแล จังหวัดอุตรดิตถ์ ทวีศักดิ์ วรจักร์ อนุชา ธิกากรณ์ และ คณะร่วมวิจัย.....	1
ET003 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์การออกแบบชุดระบายความร้อนใต้ผิวดินสำหรับ ระบบไฮโดรโปนิกส์ จิราพร ตั้งใจ สหัญญา ทองสา ศรายุทธ วิยวุฒิ สมชาย เจียจิตต์สวัสดิ์.....	11
ET004 การออกแบบเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเทอร์โมไซฟอนสำหรับลดอุณหภูมิ ก๊าซชีววมวล ศศิธร เลิศมณีพงศ์ สหัญญา ทองสาร สุฤทธิ สุขใจ สมชาย เจียจิตต์สวัสดิ์.....	19
ET005 การศึกษาการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากแห้งเชื้อเพลิงจากขยะ RDF-5 ผสมกลีเซอริน ของกระบวนการผลิตไบโอดีเซลภายใต้กระบวนการแก๊สซิฟิเคชัน ชนะสิทธิ์ แก้วในศวรรย์ ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์.....	27
ET006 แผงเซลล์แสงอาทิตย์จำลองด้วยโปรแกรม MATLAB/Simulink แบบทันเวลา เชวนิตติช อัมปริดา วันชัย ทริพย์สิงห์.....	37
ET007 การประมาณระยะเวลาคายประจุของแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรดที่ใช้ในระบบ พลังงานทดแทนแบบผสมผสาน อภิวัฒน์ อัครเมฆิน บุญยัง ปลั่งกลาง.....	45
ET008 การหาค่าแห่งของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในระบบจำหน่ายด้วยวิธีการเคลื่อนตัวของ กลุ่มอนุภาคที่เหมาะสมที่สุด วิระชัย พ่วงพรพิทักษ์ และ กฤษณ์ธนนท์ ภูมิภักดีพิชญ์.....	53
ET009 การวิเคราะห์และออกแบบคอนเวอร์เตอร์อัตราขยายแรงดันสูงสำหรับระบบผลิต กำลังไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ วิระชาติ ชัดมัน วันชัย ทริพย์สิงห์.....	61
ET011 การศึกษาความเป็นไปได้สำหรับการประยุกต์ใช้น้ำมันไพโรไลซิสในกิจกรรม เพาะเห็ด บ้านปางยางคก จังหวัดลำปาง ปฐมพงศ์ ยะพะง่า วุฒิกิจ กาศาริ นวัตกรรม กิจไพศาลสกุล รวิภา ยงประยูร.....	67

การประชุมสัมมนาเชิงวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 4
28 - 30 พฤศจิกายน 2554 มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

ET008

การหาตำแหน่งของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในระบบจำหน่ายโดยวิธีการเคลื่อนตัวของอนุภาคที่เหมาะสมที่สุด

Optimal Placement of Distributed Generation System by Using Particle Swarm Optimization

วีระชัย พวงพรพิทักษ์ และ กฤษณณิชาญ์ ภูมิภักดีพิชญ์

ศูนย์วิจัยระบบไฟฟ้ากำลังและพลังงาน ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 39 หมู่ 1 ต. คลองหก อ. ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

โทรศัพท์: 02-549-3571, 085-197-3903 โทรสาร: 02-549-3422 E-mail: au_wrcpppt@hotmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นงานนำเสนอวิธีการกำหนดตำแหน่งและขนาดกำลังการผลิตที่เหมาะสมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจาย ด้วยการวิเคราะห์การไหลกำลังไฟฟ้าร่วมกับวิธีการเคลื่อนตัวของอนุภาคที่เหมาะสมที่สุด เพื่อให้ความสูญเสียกำลังไฟฟ้าในระบบจำหน่ายมีค่าต่ำที่สุด โดยการวิเคราะห์ใช้แบบจำลองของระบบจำหน่ายแบบเรเดียล 26 บัส 25 สายจำหน่าย ซึ่งคัดแปลงมาจากส่วนหนึ่งในระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ที่มีกำลังไฟฟ้ารวมของโหลดขนาด 8.49 MW และ 5.97 MVar กำลังไฟฟ้าจริงที่สูญเสียรวมในระบบแรกเริ่มขนาด 11.68 kW และ 26.08 kVar การคำนวณการไหลของกำลังใช้การคำนวณแรงดันแบบไปข้างหน้า และการคำนวณกระแสแบบย้อนกลับ ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าการหาตำแหน่งและขนาดที่เหมาะสมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจาย ด้วยวิธีการเคลื่อนตัวของอนุภาคที่เหมาะสมที่สุดทำให้กำลังไฟฟ้าจริงที่สูญเสียในระบบจำหน่ายลดลง

คำสำคัญ: เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจาย, วิธีการเคลื่อนตัวของอนุภาค, ระบบจำหน่ายแบบเรเดียล

1. บทนำ

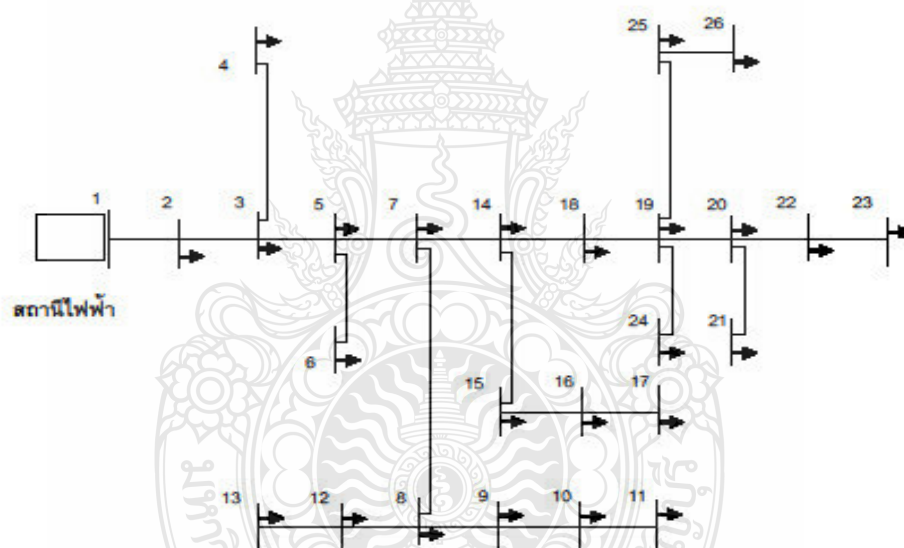
ประเทศไทยมีระบบการส่งกำลังไฟฟ้าในระบบจำหน่ายส่วนใหญ่เป็นระบบการต่อวงจรสายป้อนหลักแบบเรเดียล (Radial distribution system) มีการต่อกระจายออกเชิงรัศมี เป็นการจัดรูปแบบวงจรที่ง่ายและมีราคาต่ำที่สุด โดยเป็นการจ่ายไฟฟ้าออกจากสถานีไฟฟ้าย่อยเพื่อนำพลังงานไฟฟ้าไปจ่ายให้กับโหลด เนื่องจากการต่อวงจรสายป้อนหลักแบบเรเดียลนี้ ไม่มีการเชื่อมต่อกับสายป้อนที่มาจากสถานีย่อยอื่นๆ ทำให้มีข้อเสียคือเมื่อเกิดฟอลต์ (Fault) ที่สายป้อนใดทำให้สายป้อนนั้นไฟดับทั้งหมด [1] ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการจ่ายพลังงานไฟฟ้าไปยังโหลดไม่มีความน่าเชื่อถือและไม่มีความยืดหยุ่นของระบบเท่าที่ควร เป็นผลให้การส่งกำลังไฟฟ้าในระบบจำหน่ายมีคุณภาพกำลังไฟฟ้าและเสถียรภาพกำลังไฟฟ้าที่ต่ำตามไปด้วย ระบบจำหน่ายไฟฟ้าโดยทั่วไปมีกำลังไฟฟ้าสูญเสียมากกว่าระบบส่งจ่ายไฟฟ้า เนื่องจากเป็นระบบที่มีค่าอัตราส่วนระหว่างความต้านทานกับความต้านทานเหนี่ยวนำ (R/X ratio) ค่อนข้างสูงทั้งยังเป็นระบบที่มีระดับแรงดันต่ำและมีกระแสไหลในสายมากกว่าระบบส่งจ่ายไฟฟ้า การปรับปรุงระบบจำหน่ายไฟฟ้าเพื่อลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียนั้นมีหลายวิธี เช่น การติดตั้ง FACTS ที่เหมาะสมในระบบจำหน่ายเพื่อช่วยจ่ายกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟเข้าระบบและแก้ปัญหาเพาเวอร์แฟคเตอร์เป็นการแก้ปัญหาแรงดันตก [2] และการติดตั้งคาปาซิเตอร์เพื่อช่วยจ่ายกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟเข้าสู่ระบบ [3] บทความนี้นำเสนอการวิเคราะห์หาตำแหน่งและขนาดกำลังผลิตของเครื่องกำเนิด

ไฟฟ้าแบบกระจายที่เหมาะสมในระบบจำหน่ายแบบเรเดียล ทำให้กำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟที่สูญเสียในระบบจำหน่ายลดลง ทำให้ระบบมีเสถียรภาพกำลังไฟฟ้าและความน่าเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่ดียิ่งขึ้น

บทความนี้กล่าวถึงระบบจำหน่ายแบบเรเดียล, การวางหลักวิธีในการหาค่าตอบ, วิธีการเคลื่อนตัวของอนุภาคที่เหมาะสมที่สุดในการหาค่าตอบ รวมถึงบทสรุปและข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในขั้นถัดไป

2. ระบบจำหน่ายแบบเรเดียล

ระบบจำหน่ายแบบเรเดียลเป็นโครงข่ายระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่ง่ายที่สุด มีการจ่ายไฟฟ้าไปยังผู้ใช้ไฟฟ้าผ่านสายจำหน่ายเพียงด้านเดียว พลังงานไฟฟ้าไหลไปในทิศทางเดียวกันจากสถานีไฟฟ้าไปยังโหลดภาระการใช้งาน การวางแผนใช้ระบบจำหน่ายนี้ หากมีโหลดผู้ใช้ไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้นในอนาคตก็สามารถเพิ่มระบบจำหน่ายแบบเรเดียลให้กลายเป็นระบบจำหน่ายแบบบรูชได้ หรือระบบจำหน่ายแบบร่างแหต่อไปได้ ระบบจำหน่ายไฟฟ้าแบบเรเดียลนิยมใช้สำหรับจ่ายพลังงานไฟฟ้าไปยังผู้ใช้ไฟฟ้าในพื้นที่ทั่วไปหรือในชนบท เนื่องจากระบบจำหน่ายไฟฟ้าประเภทที่ลงทุนต่ำ มีการป้องกันระบบง่าย ๆ และลักษณะของการวางสายแบบนี้อาจเข้าใจได้ง่าย บทความนี้ใช้แบบจำลองของระบบจำหน่ายแบบเรเดียล 26 บัส 25 สายจำหน่ายดังรูปที่ 1 และตารางที่ 1 ซึ่งดัดแปลงมาจากส่วนหนึ่งในระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค [4] ที่มีกำลังไฟฟ้ารวมของโหลดขนาด 8.49 MW และ 5.28 MVar กำลังไฟฟ้าที่สูญเสียรวมในระบบแรกเริ่มขนาด 11.68 kW และ 26.08 kVar บัสที่ 1 เป็นโหนดจ่ายที่เชื่อมต่อกับระบบส่งโดยผ่านสถานีย่อย การเชื่อมต่อโหนดสาขาจะเริ่มเชื่อมต่อจากบัสที่ 1 ไปยังบัสที่ 2 แล้วต่อไปยังโหนดสาขาอื่นๆ ต่อไป



รูปที่ 1. แผนภาพเส้นเดียวของระบบจำหน่ายแบบเรเดียล 26 บัส 25 สาขา

ตารางที่ 1 ข้อมูลระบบจำหน่าย 26 บัส

บัส	ข้อมูลบัส		ข้อมูลสายจำหน่าย				
	โหลด		จากบัส	ถึงบัส	R(pu)	X(pu)	พิกัดสาย (MVA)
	MW	MVAr	1	2			
1	0.000	0.000	2	3	0.000469	0.001089	20
2	0.369	0.221	3	4	0.000054	0.000129	20
3	0.369	0.221	3	5	0.000362	0.000840	20
4	0.369	0.221	5	6	0.000053	0.000127	20
5	0.369	0.221	5	7	0.000067	0.000156	20
6	0.369	0.221	7	8	0.000253	0.000498	16
7	0.369	0.221	8	9	0.000068	0.000134	16
8	0.369	0.221	9	10	0.000192	0.000377	16
9	0.369	0.221	10	11	0.000040	0.000078	16
10	0.369	0.221	8	12	0.000301	0.000592	16
11	0.369	0.221	12	13	0.000127	0.000250	16
12	0.369	0.221	7	14	0.000336	0.000780	20
13	0.369	0.221	14	15	0.000022	0.000054	20
14	0.369	0.221	15	16	0.000032	0.000075	20
15	0.369	0.221	16	17	0.000015	0.000036	20
16	0.369	0.221	14	18	0.000415	0.000963	20
17	0.214	0.761	18	19	0.000090	0.000210	20
18	0.272	0.210	19	20	0.000881	0.002045	20
19	0.369	0.221	20	21	0.000204	0.000473	20
20	0.369	0.221	20	22	0.001626	0.003772	20
21	0.369	0.221	22	23	0.000014	0.000034	20
22	0.369	0.221	19	24	0.000128	0.000297	20
23	0.250	0.200	19	25	0.000845	0.00196	20
24	0.250	0.200	25	26	0.000919	0.002131	20
25	0.250	0.200					
26	0.250	0.200					

3. การวางหลักวิธีในการหาค่าตอบ

วิธีการหาค่าตอบของปัญหาการหาตำแหน่งและขนาดกำลังการผลิตที่เหมาะสมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายใช้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์คือ การหาค่าตอบที่มุ่งเน้นเพื่อลดกำลังสูญเสียไฟฟ้าจริงในระบบจำหน่ายไฟฟ้า [6] โดยมีฟังก์ชันวัตถุประสงค์ดังสมการที่ (1) เพื่อลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในสายส่งให้น้อยที่สุดและเป็นไปตามสมการสมดุลกำลังไฟฟ้างดสมการที่ (2)

$$P_L = \sum_{k=1}^{N_{sc}} Loss_k \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^N P_{D_{oi}} = \sum_{i=1}^N P_{G_i} + P_L \quad (2)$$

ข้อจำกัดพิกัดของแรงดันไฟฟ้าและกระแสในสาย [8] เป็นดังสมการที่ (3) และ (4)

$$|V_i|^{min} \leq |V_i| \leq |V_i|^{max} \quad (3)$$

$$|I_i| \leq |I_i|^{max} \quad (4)$$

P_L	คือกำลังไฟฟ้าจริงที่สูญเสียในสายส่งทั้งหมด
$Loss_k$	คือกำลังไฟฟ้าจริงที่สูญเสียในสายส่งที่ k
N_{lc}	คือจำนวนสายส่งทั้งหมด
P_{DG_i}	คือกำลังไฟฟ้าจริงของ DG ที่ผลิตจ่ายเข้าบัส i
P_{D_i}	คือความต้องการกำลังไฟฟ้าจริงที่บัส i
$ V_i $	คือขนาดแรงดันที่บัส i
$ V_i ^{min}, V_i ^{max}$	คือขอบเขตต่ำสุด, สูงสุด ของแรงดันที่บัส
$ ij $	คือขนาดกระแสระหว่างบัส i และ j
$ I_i ^{max}$	คือพิกัดกระแสสูงสุด

ข้อจำกัดขอบเขตการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบต่างๆ [5] ได้แก่
 แบบที่ 1 เป็น DG ที่สามารถจ่ายได้เฉพาะกำลังไฟฟ้าจริง เช่น การผลิตด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ดังสมการที่ (5)

$$P_{DG} = P_{D_i} - \frac{1}{A_{ij}} \sum_{j=1}^n (A_{ij} P_j - B_{ij} Q_j) \quad (5)$$

แบบที่ 2 เป็น DG ที่สามารถจ่ายได้เฉพาะกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ เช่น ซิงโครนัสคอนเดนเซอร์ (Synchronous condenser) ดังสมการที่ (6)

$$Q_{DG} = Q_{D_i} - \frac{1}{A_{ij}} \sum_{j=1}^n (A_{ij} Q_j - B_{ij} P_j) \quad (6)$$

แบบที่ 3 เป็น DG ซึ่งสามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าจริง แต่ต้องการกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ เช่น เทอร์โบโมเตอร์พลังงานลมแสดงได้ดังสมการที่ (7)

$$0.0032 A_{ij} P_{DG}^2 + P_{DG} [1.004 A_{ij} + 0.08 A_{ij} Q_{DG} - 0.0887] + (X_j - A_{ij} P_{D_i}) = 0 \quad (7)$$

แบบที่ 4 เป็น DG ซึ่งสามารถรักษาระดับแรงดันที่บัส กรณีนี้ได้แก่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งติดตั้งที่เจนเนอเรเตอร์บัส (Generator bus) ที่ใช้ในการคำนวณการไหลของกำลังในระบบไฟฟ้า (Load flow) มีกำลังไฟฟ้าจ่ายจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ดังสมการที่ (8)

$$P_i = P_{DG_i} - P_i - \frac{1}{A_{ij}} \sum_{j=1}^n (A_{ij} P_j - B_{ij} Q_j) \quad (8)$$

โดยที่

$$P_i = \sum_{j=1}^n A_{ij} (P_j P_j + Q_j Q_j) + B_{ij} (Q_j P_j - P_j Q_j) \quad (9)$$

$$A_{ij} = \frac{R_{ij} \cos(\delta_j - \delta_i)}{V_i V_j} \quad (10)$$

$$B_{ij} = \frac{R_{ij} \sin(\delta_j - \delta_i)}{V_i V_j} \quad (11)$$

- P_i คือ กำลังไฟฟ้าจริงที่จ่ายเข้าบัส i
 Q_i คือ กำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟที่จ่ายเข้าบัส i
 R_{ij} คือ ความต้านทานในสายส่งระหว่างบัส i และ j
 s คือ มุมที่บัส i และ j

4. วิธีการเคลื่อนตัวของกลุ่มอนุภาคที่เหมาะสมที่สุดในการหาคำตอบ

วิธีการเคลื่อนตัวของกลุ่มอนุภาคที่เหมาะสมที่สุดเป็นการค้นหาคำตอบที่มีพื้นฐานเลียนแบบพฤติกรรมทางสังคมและพลศาสตร์การเคลื่อนไหวของฝูงแมลง นก หรือปลา ซึ่งถูกนำเสนอโดย Kennedy และ Eberhart (1995) เหมาะสำหรับปัญหาที่ตัวแปรมีค่าต่อเนื่อง ซึ่งประสบความสำเร็จในการนำไปใช้หาคำตอบที่หลากหลาย โดยมีข้อดีหลายประการ เช่น พหุราวมอเตอร์ของอัลกอริธึมนี้ สามารถค้นหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดได้อย่างมีประสิทธิภาพ เป็นต้น ซึ่งคำตอบที่เหมาะสมที่สุด จะถูกค้นหาลงอย่างเป็นขั้นเป็นตอน โดยอาศัยหลักการเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งของอนุภาคตามเวลาภายในสเปซของการค้นหา ซึ่งการเคลื่อนที่ของแต่ละอนุภาคจะขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของมันเองและตามประสิทธิภาพของอนุภาคที่อยู่ข้างเคียง [5] โดยความเร็วและตำแหน่งของอนุภาคใด ๆ แต่ละค่าหาได้ดังสมการ (12) และ (13)

$$V_{id}^{t+1} = W V_{id}^t + \text{Rand}_1 \cdot C_1 (Pbest_{id} - X_{id}^t) + \text{Rand}_2 \cdot C_2 (Gbest_d - X_{id}^t) \quad (12)$$

$$X_{id}^{t+1} = X_{id}^t + V_{id}^{t+1} \quad (13)$$

- X_{id}^t คือ ตำแหน่งของอนุภาค i ของตัวแปร d ในรอบการคำนวณที่ t
 X_{id}^{t+1} คือ ตำแหน่งของอนุภาค i ของตัวแปร d ในรอบการคำนวณที่ $t+1$
 V_{id}^t คือ ความเร็วในการเปลี่ยนตำแหน่งของอนุภาค i ของตัวแปร d ในรอบการคำนวณที่ t
 V_{id}^{t+1} คือ ความเร็วในการเปลี่ยนตำแหน่งของอนุภาค i ของตัวแปร d ในรอบการคำนวณที่ $t+1$
 $\text{Rand}_1, \text{Rand}_2 \in [0, 1]$ คือ ตัวเลขสุ่มระหว่าง 0 ถึง 1
 $Pbest_{id}$ คือ ตำแหน่งที่ดีที่สุดของอนุภาค i ของตัวแปร d
 $Gbest_d$ คือ ตำแหน่งที่ดีที่สุดในทุก ๆ อนุภาคของตัวแปร d
 w คือ ค่าถ่วงน้ำหนัก
 C_1, C_2 คือ ค่าคงที่

การกำหนดค่าตัวแปรในวิธีการเคลื่อนตัวของกลุ่มอนุภาคมีความสำคัญในการรู้เข้าของคำตอบดังนั้นจึงต้องกำหนดค่าตัวแปรต่าง ๆ ให้เหมาะสมซึ่งการปรับค่าถ่วงน้ำหนักแสดงได้ตามสมการ (14)

$$w = w_{\max} - \frac{w_{\max} - w_{\min}}{k} \cdot i \quad (14)$$

- w_{\min} คือ ขอบเขตล่างของค่าถ่วงน้ำหนัก
 w_{\max} คือ ขอบเขตบนของค่าถ่วงน้ำหนัก
 i คือ รอบการคำนวณปัจจุบัน
 k คือ รอบการคำนวณทั้งหมด

วิธีการเคลื่อนตัวของอนุภาคที่เหมาะสมที่สุดในการหา ตำแหน่งและขนาดกำลังการผลิตที่เหมาะสมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายสามารถอธิบายได้ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้ [5]

ขั้นตอนที่ 1: จัดเตรียมค่าพารามิเตอร์ต่างๆในระบบจำหน่ายที่จะมาทดสอบเพื่อนำเข้าสู่โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการคำนวณ

ขั้นตอนที่ 2: เมื่อได้พารามิเตอร์ต่างๆจากขั้นตอนที่ 1 แล้วก็มาคำนวณการไหลกำลังไฟฟ้าในระบบจำหน่ายที่จะมาทดสอบเพื่อหาค่าแรงดันและกระแสที่บัสต่างๆ

ขั้นตอนที่ 3: ขั้นตอนนี้เริ่มเข้าสู่กระบวนการวิธีการเคลื่อนตัวของอนุภาคที่เหมาะสมที่สุดแล้วโดยการเริ่มการสุ่มค่า ขนาดและตำแหน่งของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายซึ่งขนาดเมตริกซ์ในการสุ่มค่าขึ้นอยู่กับว่าต้องการประชากรในการทดสอบเท่าใด

ขั้นตอนที่ 4: นำค่าขนาดและกาวางตำแหน่งของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายในขั้นตอนที่ 3 เพื่อคำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้าที่สูญเสียในระบบจำหน่ายที่จะมาทดสอบ จากสมการวัตถุประสงค์

ขั้นตอนที่ 5: บันทึกค่าดรรชนีค่าที่ดีที่สุดของกลุ่มอนุภาคในกลุ่ม Pbest

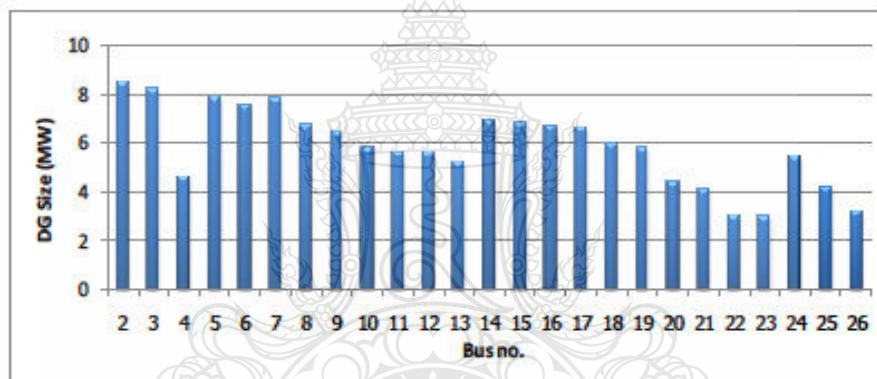
ขั้นตอนที่ 6: บันทึกดรรชนีค่าที่ดีที่สุดของอนุภาคในกลุ่มในกลุ่มจะแทนด้วย Gbest

ขั้นตอนที่ 7: ปรับปรุง ค่าความเร็วและตำแหน่งที่ถูกปรับของแต่ละอนุภาคจะสามารถคำนวณได้จากความเร็วในปัจจุบันและระยะห่างระหว่าง Pbest กับ Gbest

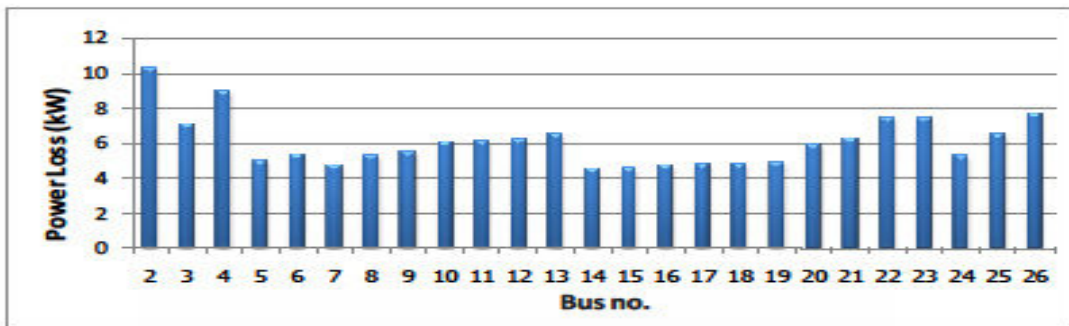
ขั้นตอนที่ 8 : ตรวจสอบการทำงานของกระบวนการวนรอบกำหนดที่ตั้งไว้หรือยังถ้ายังให้นำค่าจากการปรับปรุงไปสู่กระบวนการที่ 4 แต่ถ้าครบกำหนดไปสู่กระบวนการที่ 9 ต่อไป

ขั้นตอนที่ 9 : ใ้ขนาดและตำแหน่งของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจาย จากกระบวนการวิธีการเคลื่อนตัวของอนุภาคที่เหมาะสมที่สุด

ระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ที่มีกำลังไฟฟ้ารวมของโหลดขนาด 8.49 MW 5.97 MVar กำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟที่สูญเสียรวมในระบบแรกเริ่มขนาด 11.68 kW และ 26.08 kVar ใช้ Base MVA = 10 MVA. และ Base kV = 12.66 kV ผลการจำลองโดยใช้โปรแกรม MATLAB หลังติดตั้ง DG ต่างๆ แสดงดังรูปที่ 2,3 และตารางที่ 2



รูปที่ 2. ขนาด DG ที่เหมาะสมของระบบจำหน่าย 26 บัส 25 สายจำหน่าย



รูปที่ 3. ค่ากำลังไฟฟ้าจริงสูญเสียหลังติดตั้ง DG ของระบบจำหน่าย 26 บัส 25 สายจำหน่าย

ตารางที่ 2 ผลการจำลองระบบจำหน่ายแบบเบเตล 26 บัส หลังการติดตั้ง DG

บัส	ขนาด DG	กำลังไฟฟ้าจริง ที่สูญเสีย	กำลังไฟฟ้า รีแอกทีฟที่สูญเสีย
	MW	kW	kVar
2	8.5068	10.3303	23.6133
3	8.2344	7.0983	16.1083
4	4.655	8.9869	18.2133
5	7.9302	5.0501	11.3533
6	7.5529	5.3495	12.0645
7	7.8503	4.7509	10.6558
8	6.7771	5.2995	11.7565
9	6.5012	5.5076	12.1832
10	5.8049	6.0814	13.3722
11	5.6715	6.201	13.621
12	5.6622	6.2157	13.654
13	5.2797	6.5582	14.3781
14	6.9499	4.5514	10.1737
15	6.8578	4.6305	10.3651
16	6.7209	4.758	10.6987
17	6.655	4.8235	10.8134
18	5.9951	4.8151	10.7488
19	5.9298	4.8684	10.865
20	4.4216	5.9569	13.3004
21	4.1464	6.2798	14.0268
22	3.0244	7.4421	16.6189
23	3.0156	7.4532	16.645
24	5.4807	5.2573	11.7462
25	4.1998	6.5872	14.7431
26	3.214	7.7049	17.2457

5. สรุป

บทความนี้นำเสนอการศึกษาการวิเคราะห์หาขนาดและตำแหน่งการติดตั้ง DG ที่เหมาะสมด้วยการวิเคราะห์การไหลกำลังไฟฟ้าร่วมกับวิธีการเคลื่อนตัวของอนุภาคที่เหมาะสมที่สุด โดยพิจารณาการทำงานของบัสที่ถูกติดตั้ง DG เข้าไปในระบบการวิเคราะห์ใช้แบบจำลองของระบบจำหน่ายแบบเบเรเดียล 26 บัส 25 สายจำหน่าย ซึ่งดัดแปลงมาจากส่วนหนึ่งในระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ที่มีกำลังไฟฟ้าวรวมของโหลดขนาด 8.49 MW 5.97 MVar กำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟที่สูญเสียรวมในระบบแรกเริ่มขนาด 11.68 kW และ 26.08 kVa ใช้ Base MVA = 10 MVA. และ Base kV = 12.66 kV ผลการจำลองพบว่า ตำแหน่งที่เหมาะสมที่สุดคือบัสที่ 14 ขนาด 6.95 MW จะทำให้กำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟที่สูญเสียรวมในระบบเหลือเพียง 4.55 kW. และ 10.18 kVar. จะพบว่ากำลังไฟฟ้าที่สูญเสียในระบบลดลง 61 % ทั้งนี้เนื่องจากตำแหน่งและขนาด DG ที่ได้จากการทดสอบนี้จะช่วยจ่ายกำลังไฟฟ้าแทนการจ่ายจากสถานีไฟฟ้าต้นทางในสัดส่วนที่เหมาะสมจะช่วยลดการสูญเสียในระบบจำหน่ายได้ การวิจัยที่คาดว่าจะทำต่อไปคือการพิจารณาการเลือกใช้ DG ชนิดต่างๆ ติดตั้งในระบบจำหน่ายแบบอื่นๆด้วย

เอกสารอ้างอิง

- [1] ชาลิต ศำรรัตน์, "การส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า", หจก.เอช-เอ็น การพิมพ์: บริษัท ซีไอแคยูเคชั่น จำกัด, 2533, หน้า 93-94.
- [2] จักรินทร์ วิเศษยา, "การวิเคราะห์หาตำแหน่งการติดตั้ง FACTS ที่เหมาะสมในระบบจำหน่ายโดยวิธีกลุ่มอนุภาค", วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, 2554.
- [3] ธวัช สิริสังกาส, "การหาตำแหน่งและขนาดติดตั้งคาปาซิเตอร์แบบคู่ที่เหมาะสมเพื่อลดกำลัง สูญเสียในระบบจำหน่ายไฟฟ้า พร้อมทั้งคำนึงถึงความไม่เป็นเชิงเส้นของโหลดโดยใช้วิธีกลุ่มอนุภาค", วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2550.
- [4] บุญฤทธิ์ ทองฟู, "การกำหนดตำแหน่งและขนาดที่เหมาะสมที่สุดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กเพื่อลดความสูญเสีย โดยคำนึงถึงระดับความผิดพลาดในระบบเครือข่ายจำหน่ายไฟฟ้า", วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์, 2552.
- [5] W. Krueasuk, "Optimal placement size and location of DG using particle swarm optimization," Sripatum University, 2550.
- [6] W. Prommee and W. Ongsakul, "Optimal multiple distribute generation placement in microgrid system by improved reinitialized social structures particle swarm optimization," European Transactions on Electrical Power, 2011, pp. 489-504

Electrical Engineering Network 2012

of Rajamangala University of Technology (EENET 2012)



CONFERENCE TOPICS

GROUP 1 (PE)

Power Electronics, Electric Machines, Motor Control and Drive, Measurement, Control and Robotics.

GROUP 2 (PW)

Power System, Transmission and Distribution, High Voltage and Electrical Energy, Generating Systems.

GROUP 3 (RE)

Renewable Energy, Energy Saving Technologies, Industry Specific Energy Conversion and Conditioning Technologies, Materials for Energy and Environment.

GROUP 4 (TE)

Telecommunication, Electronics, Information and Communication Technologies, Antennas, Microwave Theory and Techniques.

GROUP 5 (CP)

Computer Technologies and Network, Computer Graphics, Machine Learning and Human-Computer Interaction.

GROUP 6 (GN)

Education in Electrical Engineering, Simulation Software and Design tools, Related Topics in Electrical Engineering.



EENET 2012

GRAND PARADISE HOTEL

Nong Khai, THAILAND

April 3-5, 2012

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 4 วันที่ 3-5 เมษายน 2555

**รายชื่อผู้พิจารณาบทความการประชุมเครือข่ายวิชาการวิศวกรรมไฟฟ้า
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 4**

รศ. ดร. วีระเชษฐ ชันเงิน

รศ. ดร. วิจิตร ภิณเรศ

รศ. ดร. มนต์วิ ศิริปรัชญานันท์

รศ. ดร. เวทีน ปิยะรัตน์

รศ. ดร. เฉชา พวงดาวเรือง

รศ. ดร. วิบูลย์ ชื่นแจก

รศ. ดร. เสถียร รัญญศิริรัตน์

ผศ. ดร. เนบบุญ หุนเจริญ

ผศ. ดร. อภินันท์ อูร์โสภณ

ผศ. ดร. วรวัฒน์ เสถียมวิบูล

ผศ. ดร. อาทิตย์ โสตร โยม

ผศ. ดร. ศศิฉิ่ง เต่าละออ

ผศ. ดร. กองพล อารีรักษ์

ดร. อุทธนา จำสุวรรณ์

ดร. นิวัฒน์ อังควศิษฐพันธ์

รศ. ดร. โกลล โอฬารไพโรจน์

ดร. อุเทน คำน่าน

นายฉรงค์ นันทกุล

ผศ. กฤษดา อึ้งขันธ์

นายเอกทัศน์ พฤษวรรณ

ดร. จิตตฤทธิ ทองปรวน

ผศ. ชาญชัย เศรษฐธรรมรงค์

ดร. จักรกฤษณ์ เคลือบวัง

นายสมนึก เครือสอน

นายทัศนะ ถมทอง

นายฉรงค์ฤทธิ์ พิมพ์คำวงศ์

ผศ. อภิศักดิ์ ชันแก้วหล้า

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาภาคพายัพ เชียงใหม่

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาภาคพายัพ เชียงใหม่

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาภาคพายัพ เชียงใหม่

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาภาคพายัพ เชียงใหม่

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาภาคพายัพ เชียงใหม่

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาภาคพายัพ เชียงใหม่

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาภาคพายัพ เชียงใหม่

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เขตพื้นที่ตาก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เขตพื้นที่ตาก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เขตพื้นที่ตาก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เขตพื้นที่ตาก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เขตพื้นที่ตาก

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 4 วันที่ 3-5 เมษายน 2555

ดร.บัญชา โชคดี ริกไทยเจริญชีพ
 นายนิติพันธ์ คุณประเสริฐ
 นายธนารัตน์ คันมณีประเสริฐ
 นายศุภวุฒิ เนคร โพธิ์แก้ว
 นายทอง ลานธารทอง
 นายสมเกียรติ ทองแก้ว
 ศศ.พิชญ์ คาราทพงษ์
 นายมนัส บุญเทียรทอง
 นายพนา คูสัตการ
 ศศ.กิจจา ลักษณ์อำนาจการ
 ศศ.โกศล นิธิโสภ
 ศศ.จรินทร์ จุลวานิช
 นายนิลमित นิลาส
 นายเกรียงไกร เหลืองอำพล
 นายวณพันธ์ วัลยวุฒิ
 นายฉวีรัฐวรินทร์ ทองรักษ์
 ศศ.ศรีศักดิ์ น้อยไร่ภูมิ
 ศศ.ดร.ประมุข อุณหเลขกะ
 นางสาวพัชรนันท์ ศรีธนาอุทัยกร
 ศศ.สรายุทธ ทองกุลภัทร์
 ศศ.วารุณี ศรีสงคราม
 ดร.อุทรรณา กันทะพะเยา
 ศศ.เฉลิมพล เรืองพัฒนาวิวัฒน์
 ศศ.กระจำง พิทักษ์วงศวิทยา
 ดร.ศรีสุภา ไชยทองสุข
 รศ.นภัทร วัฒนเทพินทร์
 รศ.สมพันธ์ อำพาวัน
 ดร.ชูวงศ์ วัฒนศักดิ์ภูบาล
 ศศ.วิสุทธิ์ พงศ์พฤกษ์ธาตุ
 ดร.สุริยา แก้วอาษา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร จ.กรุงเทพฯ
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร จ.กรุงเทพฯ
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร จ.กรุงเทพฯ
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร จ.กรุงเทพฯ
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร จ.กรุงเทพฯ
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร จ.กรุงเทพฯ
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร จ.กรุงเทพฯ
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร จ.กรุงเทพฯ
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร จ.กรุงเทพฯ
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร จ.กรุงเทพฯ
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร จ.กรุงเทพฯ
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร จ.กรุงเทพฯ
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร จ.กรุงเทพฯ
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร จ.กรุงเทพฯ
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ จ.นนทบุรี
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ จ.นนทบุรี
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ จ.นนทบุรี
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ จ.นนทบุรี
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ จ.นนทบุรี
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ จ.นนทบุรี
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ จ.นนทบุรี
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ จ.นนทบุรี
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย จ.สงขลา
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย จ.สงขลา
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย จ.สงขลา
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 4 วันที่ 3-5 เมษายน 2555

ดร.นิธิโรจน์ พรสุวรรณเจริญ

ดร.เมธา ทิศกร

ดร.นำพน พิพัฒน์ไพบูลย์

ศศ.วิชัย ครอบกิจศิริ

นายเอกวิทย์ ให้อักวงษ์

นายวีระ ธันยาภิรักษ์

นายวิรัช สกกุลพงศ์

นายนครินทร์ ศรีปัญญา

นายถกฤตยา สมสัย

นายจงเจริญ คู่่มบุญ

นายถกฤตยา บุญมีวิเศษ

นายจิระพงศ์ ศรีวิชัย

นายวีระชัย จรบวรมย์

นายปฏิวัติ บุญมา

นายเจสสิยา เกตุแก้ว

ศศ.ดร.ปรีชา สาคระรังค์

ศศ.ภักดิวัฒน์ จันทร์ศิริ

นายไพบูลย์ เกียรติสุขคณธรร

รศ.พันธ์ พิริยะวรรณ

ศศ.ประวิช เปรียบเหมือน

ศศ.ดร.ศักดิ์ระวี ระวิกุล

ศศ.ประยงค์ เสาร์แก้ว

ศศ.จักรวัฒน์ บุตรบุญชู

ดร.สุระ ตันติ

ดร.ณรงค์ สิหาจ่อง

ศศ.ดร.สมชัย หิรัญวโรดม

ศศ.ดร.วันชัย ททรัพย์สิงห์

ศศ.วิชัย ผดุงศิลป์

ศศ.ศิริชัย แดงแอม

ศศ.ณัฐวุฒิ โสมะเกษศรีรินทร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตสกลนคร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตสกลนคร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตสกลนคร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตสกลนคร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตสกลนคร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตสกลนคร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตสกลนคร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตสกลนคร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตสกลนคร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตสกลนคร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตสกลนคร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตสกลนคร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตสกลนคร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตสกลนคร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตสกลนคร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตสกลนคร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตสกลนคร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตสกลนคร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตสกลนคร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตสกลนคร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตสกลนคร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตสกลนคร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตสกลนคร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตสกลนคร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตสกลนคร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตสกลนคร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตสกลนคร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตสกลนคร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตสกลนคร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตสกลนคร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตสกลนคร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตสกลนคร

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 4 วันที่ 3-5 เมษายน 2555

ดร.ฉัตรชัย	ศุภพิทักษ์สกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ดร.บุญยั้ง	ปลั่งกลาง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ดร.สุรินทร์	แหงมงาม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ดร.กฤษณ์ชนม์	ภูมิภคดิพัชญ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ดร.ณัฐภัทร	พันธ์คง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
นายพินิจ	จิตจริง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
นายสมชาย	เปียนสูงเนิน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
นายพร้อมศักดิ์	อภิรติกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
นายนิติพงศ์	ปานกลาง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
นายธีระพล	เหมือนขาว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
นายณัฐพล	หาอุปละ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ศส.จินตนา	นาคะสุวรรณ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ศส.ปราชญ์	คาบมิ่ง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ดร.จักรี	ศรีนนท์ฉัตร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ดร.อานวย	เรืองอานวย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ดร.ไพฑูรย์	รักเหลือ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
นายวิโรจน์	พิราจเนนชัย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
นายพงษ์ศักดิ์	อ่ำภา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
นายบุญยั้ง	นบนอบ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
นายอภิรดา	นามแสง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ดร.สุทินัน	พรอนุรักษ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ดร.วินัย	วิชัยพาณิชย์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ดร.กิตติวัฒน์	น้อมเกิดผล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ศส.อัฐอารย์	ปิติมล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
นายณัฐพิงศ์	อุทอง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 4 วันที่ 3-5 เมษายน 2555

PE34	การสร้างทดสอบวงจรเมตริกซ์คอนเวอร์เตอร์เฟสเดียวกับพาสซีฟโหลด	139
PE35	แบบจำลองรถเก็บขยะปุ๋ยโรโตควบคุมด้วยสัญญาณวิทยุ	143
PE36	ระบบการผลิตไฟฟ้ากระแสสลับขับเคลื่อนด้วยลูกหมุนระบายความร้อนบนหลังคา	147
PW01	การรวมโหลดในระบบจำหน่ายไฟฟ้าปทุมธานี	152
PW02	Measurement Scheme Selection for Power System State Estimation by Improved Stochastic Tabu Search	156
PW03	การออกแบบสร้างชุดทดลองแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงดันสูงกระแสตรง	160
PW04	โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับคำนวณแรงดันตกในระบบไฟฟ้า	164
PW05	การศึกษาแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำจากระบบไฟฟ้าใกล้เคียงในขณะปฏิบัติงานแบบดับไฟ	168
PW06	คุณลักษณะและสมรรถนะของลูกถ้วยฉนวนไฟฟ้าในระบบจำหน่าย 22 KV การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค	172
PW07	ผลกระทบของแหล่งผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่เชื่อมต่อในระบบจำหน่ายไฟฟ้า	176
PW08	Application of Particle Swarm Optimization Intelligence to Solving Economic Load Dispatch with Considering the Daily Load Patterns and Generator Constraints	180
PW09	ศึกษาปรากฏการณ์หลังจากฟ้าผ่าสำหรับระบบท่อส่งปิโตรเลียมใต้ดิน	184
PW10	การชดเชยแรงดันตกชั่วคราวด้วยอุปกรณ์ชดเชยแรงดันตกชั่วคราวแบบอนุกรม	188
PW11	การหาค่าแอมป์และขนาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในระบบจำหน่ายเพื่อลดกำลังไฟฟ้าสูญเสีย	192
PW12	การออกแบบระบบจำหน่ายสายอากาศ 22 kV ด้วยโครงข่ายประสาทเทียม	169
PW13	การประเมินความเชื่อถือได้ในระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่มีแหล่งผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว	200
PW14	การจัดเรียงสายป้อนอย่างเหมาะสมสำหรับค่าดัชนีโหลดสมดุลในระบบจำหน่ายที่มีการติดตั้งตัวเก็บประจุ	204
PW15	การประยุกต์ใช้อุปกรณ์ FACTS สำหรับการลดกำลังไฟฟ้าสูญเสีย	208

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 4 วันที่ 3-5 เมษายน 2555

การหาตำแหน่งและขนาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในระบบจำหน่ายเพื่อลดกำลังไฟฟ้าสูญเสีย
โดยวิธีการเคลื่อนตัวของกลุ่มอนุภาคที่เหมาะสมที่สุด
Optimal Distributed Generation Placement and Sizing for Power Loss Reduction
Using Particle Swarm Optimization

วิระชัย ท่วงพรพิทักษ์, กลุณย์ชนม์ ลุณิกศิริพิชญ์

ศูนย์วิจัยระบบไฟฟ้ากำลังและพลังงาน, ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
39 หมู่ 1 ต.คลองหก อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110 โทรศัพท์: 02-549-3571 โทรสาร: 02-549-3422 E-mail: krisichoume.b@em.rmutt.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอวิธีการกำหนดตำแหน่งและขนาดกำลังการผลิตที่เหมาะสมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวและการวิเคราะห์การไหลกำลังไฟฟ้าร่วมกับวิธีการเคลื่อนตัวของอนุภาคที่เหมาะสมที่สุด เพื่อให้ความสูญเสียกำลังไฟฟ้าในระบบจำหน่ายมีค่าต่ำสุด โดยการวิเคราะห์ใช้แบบจำลองของระบบจำหน่ายแบบเรดิอัล 26 บัส 25 สายจำหน่าย ซึ่งดัดแปลงมาจากส่วนหนึ่งในระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ที่มีกำลังไฟฟ้ารวมของโหลดขนาด 8.49 MW และ 5.97 MVar กำลังไฟฟ้าจริงที่สูญเสียรวมในระบบแรกเริ่มขนาด 11.68 kW และ 26.08 kVar การคำนวณการไหลของกำลังใช้การคำนวณแรงดันแบบไปข้างหน้า และการคำนวณกระแสแบบย้อนกลับ ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าการหาตำแหน่งและขนาดที่เหมาะสมของ DG ด้วยวิธีการเคลื่อนตัวของอนุภาคที่เหมาะสมที่สุดทำให้กำลังไฟฟ้าจริงที่สูญเสียในระบบจำหน่ายลดลง

สำคัญ: เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจาย, วิธีการเคลื่อนตัวของอนุภาค, ระบบจำหน่ายแบบเรดิอัล

Abstract

This paper presents a new methodology using Particle Swarm Optimization (PSO) for the placement of Distributed Generation (DG) in the radial distribution systems to reduce the power loss. Single DG placement is used to find the optimal DG location and its size which corresponding to the maximum loss reduction. The proposed method is tested on the 26-bus radial distribution system which modified from the Provincial Electricity Authority (PEA) distribution system. The total power is 8.49 MW and 5.97 MVar and the power loss is 11.68 kW and 26.08 kVar. The load flow analysis on distribution use forward-backward sweep methodology. The simulation results show that PSO can obtain maximum loss reduction.

Keywords: Distribution Generator, Particle Swarm Optimization, Radial Distributed System

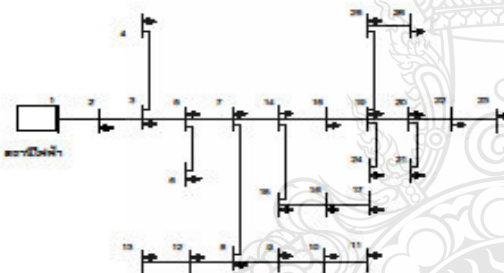
1. บทนำ

ประเทศไทยมีระบบการส่งกำลังไฟฟ้าในระบบจำหน่ายส่วนใหญ่เป็นระบบการส่งจ่ายแรงดันต่ำแบบเรดิอัล (Radial distribution system) มีการต่อกระจายออกจากเชิงรับ มีการจัดรูปแบบวงจรที่ง่ายและมีราคาต่ำสุด โดยเป็นการจ่ายไฟฟ้าออกจากสถานีไฟฟ้าจ่ายเพื่อนำพลังงานไฟฟ้าไปจ่ายให้กับโหลด เนื่องจากการต่อจ่ายแบบเรดิอัลแบบเรดิอัลนี้ ไม่มีการเชื่อมต่อกับสายป้อนที่มาจากสถานีจ่ายอื่นๆ ทำให้มีข้อเลือกจ่ายคือเมื่อเกิดความผิดปกติ (Fault) ที่สายป้อนใดทำให้สายป้อนนั้นไฟดับทั้งหมด [1] ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการจ่ายพลังงานไฟฟ้าไปยัง โหลด ไม่มีความน่าเชื่อถือและไม่มีความยืดหยุ่นของระบบเท่าที่ควร เป็นผลให้การส่งกำลังไฟฟ้าในระบบจำหน่ายมีคุณภาพกำลังไฟฟ้าและเสถียรภาพกำลังไฟฟ้าที่ต่ำลงไปด้วย ระบบจำหน่ายไฟฟ้าโดยทั่วไปมีกำลังไฟฟ้าสูญเสียมากกว่าระบบส่งจ่ายไฟฟ้า เนื่องจากเป็นระบบที่มีค่าอัตราส่วนระหว่างความต้านทานกับความสามารถเหนี่ยวนำ (R/X Ratio) ค่อนข้างสูงทั้งยังเป็นระบบที่มีระดับแรงดันต่ำ และมีกระแสไหลในสายมากกว่าระบบส่งจ่ายไฟฟ้า การปรับปรุงระบบจำหน่ายไฟฟ้าเพื่อลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียมีหลายวิธี เช่น การติดตั้ง FACTS ที่เหมาะสมในระบบจำหน่ายเพื่อช่วยจ่ายกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟเข้าสู่ระบบและแก้ปัญหาเพาเวอร์แฟลคเจอร์เป็นการแก้ปัญหาแรงดันตก [2] และการติดตั้งคาปาซิเตอร์เพื่อช่วยจ่ายกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟเข้าสู่ระบบ [3] บทความนี้นำเสนอการวิเคราะห์หาตำแหน่งและขนาดกำลังผลิตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายที่เหมาะสมในระบบจำหน่ายแบบเรดิอัล ทำให้กำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟที่สูญเสียในระบบจำหน่ายลดลง ทำให้ระบบมีเสถียรภาพกำลังไฟฟ้าและความน่าเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่ดีขึ้น

บทความนี้กล่าวถึงระบบจำหน่ายแบบเรดิอัล, การวางหลักวิธีในการหาค่าตอบ, วิธีการเคลื่อนตัวของอนุภาคที่เหมาะสมที่สุดในการหาค่าตอบ รวมถึงทฤษฎีและข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในขั้นถัดไป

2. ระบบจำหน่ายแบบเรดิอัล

ระบบจำหน่ายแบบเรดิอัลเป็นโครงข่ายระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่จ่ายที่สุด มีการจ่ายไฟฟ้าไปยังผู้ใช้ไฟฟ้าผ่านสายจำหน่ายเพียงด้านเดียว หลังจากนั้นไฟฟ้าไหลไปในทิศทางเดียวกันจากสถานีไฟฟ้าไปยัง โหลด การกระจายแรงดันในระบบจำหน่ายนี้ หากมีโหลดผู้ใช้ไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้นในอนาคตก็สามารถเพิ่มระบบจำหน่ายแบบเรดิอัลให้กลายเป็นระบบจำหน่ายแบบลูบได้ หรือระบบจำหน่ายแบบร่างแหต่อไปได้ ระบบจำหน่ายไฟฟ้าแบบเรดิอัลนิยมใช้สำหรับจ่ายพลังงานไฟฟ้าไปยังผู้ใช้ไฟฟ้าในพื้นที่ทั่วไปหรือในชุมชน เนื่องจากระบบจำหน่ายไฟฟ้าประเภทนี้ลงทุนต่ำ มีการป้องกันระบบจ่าย และลักษณะของการวางสายแบบนี้สามารถเข้าใจได้ง่าย บทความนี้ใช้แบบจำลองของระบบจำหน่ายแบบเรดิอัล 26 บัส 25 สายจำหน่ายดังรูปที่ 1 ซึ่งคิดแปลงมาจากส่วนหนึ่งในระบบจำหน่ายของสถานีไฟฟ้าส่วนภูมิภาค [4] ที่มีกำลังไฟรวมของโหลดขนาด 3.49 MW และ 5.97 MVAr กำลังไฟฟ้าที่สูญเสียรวมในระบบแรงดันขนาด 11.63 kW และ 26.08 kVAr บัสที่ 1 เป็นโหนดจ่ายที่เชื่อมต่อกับระบบส่งไฟฟ้าผ่านสถานีย่อย การเชื่อมต่อกับโหนดสาขาจะเริ่มเชื่อมต่อกับบัสที่ 1 ไปยังบัสที่ 2 แล้วต่อไปยังโหนดสาขาอื่นๆ ต่อไป



รูปที่ 1. แผนภาพเส้นเดียวของระบบจำหน่ายแบบเรดิอัล 26 บัส 25 สาย

3. การวางหลักวิธีในการหาค่าตอบ

วิธีการหาค่าตอบของปัญหาการหาค่าเหมาะและขนาดกำลังการผลิตที่เหมาะสมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายใช้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์คือ การหาค่าตอบที่มุ่งเน้นเพื่อลดกำลังสูญเสียไฟฟ้าในระบบจำหน่ายไฟฟ้า [6] โดยมีฟังก์ชันวัตถุประสงค์ดังสมการที่ (1) เพื่อลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในสายส่งให้น้อยที่สุดและเป็นไปตามสมการสมดุลกำลังไฟฟ้าดังสมการที่ (2)

$$P_L = \sum_{k=1}^{N_L} Loss_k \tag{1}$$

$$\sum_{i=1}^N P_{DG_i} - \sum_{j=1}^N P_{D_j} + P_L \tag{2}$$

ข้อจำกัดหลักของแรงดันไฟฟ้าและกระแสในสาย [6] เป็นดังสมการที่ (3) และ (4)

$$|V_i|^{min} \leq |V_i| \leq |V_i|^{max} \tag{3}$$

$$|I_i| \leq |I_i|^{max} \tag{4}$$

โดยที่ $P_L = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N A_{ij}(P_i P_j + Q_i Q_j) + B_{ij}(Q_i P_j - P_i Q_j)$ (5)

$$A_{ij} = \frac{R_{ij} \cos(\delta_j - \delta_i)}{V_i V_j} \tag{6}$$

$$B_{ij} = \frac{R_{ij} \sin(\delta_j - \delta_i)}{V_i V_j} \tag{7}$$

- เมื่อ
- P_L คือกำลังไฟฟ้าจริงที่สูญเสียในสายส่งทั้งหมด
- $Loss_k$ คือกำลังไฟฟ้าจริงที่สูญเสียในสายส่งที่ k
- N_L คือจำนวนสายส่งทั้งหมด
- P_{DG_i} คือกำลังไฟฟ้าจริงของ DG ที่ผลิตจ่ายเข้าบัส i
- P_{D_i} คือความต้องการกำลังไฟฟ้าจริงที่บัส i
- $|V_i|$ คือขนาดแรงดันที่บัส i
- $|V_i|^{min}, |V_i|^{max}$ คือขอบเขตค่าสุด, สูงสุด ของแรงดันที่บัส
- $|I_i|$ คือขนาดกระแสระหว่างบัส i และ j
- I_i^{max} คือพิกัดกระแสสูงสุด
- P_i คือ กำลังไฟฟ้าจริงที่จ่ายเข้าบัส i
- Q_i คือ กำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟที่จ่ายเข้าบัส i
- R_{ij} คือ ความต้านทานในสายส่งระหว่างบัส i และ j
- δ_i คือ มุมที่บัส i และ j

4. วิธีการเคลื่อนตัวของกลุ่มอนุภาคที่เหมาะสมที่สุดในการหาค่าตอบ

วิธีการเคลื่อนตัวของกลุ่มอนุภาคที่เหมาะสมที่สุดเป็นการค้นหาคำตอบที่มีพื้นฐานเดิมแบบพลศาสตร์ทางสังคมและพฤติกรรม การเคลื่อนไหวของฝูงนกนางแอ่น นก หรือปลา ซึ่งถูกนำเสนอโดย Kennedy และ Eberhart (1995) เหมาะสำหรับปัญหาที่ตัวแปรมีค่าต่อเนื่อง ซึ่งประสบความสำเร็จในการนำไปใช้หาค่าตอบที่หลากหลาย โดยมีข้อดี คือ จำนวนพารามิเตอร์น้อย และสามารถค้นหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดได้อย่างมีประสิทธิภาพ เป็นต้น ซึ่งคำตอบที่เหมาะสมที่สุด จะออกค้นหาอย่างเป็นขั้นเป็นตอน โดยอาศัยหลักการเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งของอนุภาคตามเวกเตอร์ในสเปซของการค้นหา ซึ่งการเคลื่อนที่ของแต่ละอนุภาคขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของมันเองและตามประสิทธิภาพของอนุภาคที่อยู่ข้างเคียง [5] โดยความเร็วและตำแหน่งของอนุภาคใดๆ แต่ละค่าหาได้ดังสมการ (8) และ (9)

$$V_{id}^{n+1} = W V_{id}^n + Rand_1 C_1 (Pbest_{id} - X_{id}^n) + Rand_2 C_2 (Gbest_d - X_{id}^n) \tag{8}$$

$$X_{id}^{t+1} = X_{id}^t + V_{id}^{t+1} \quad (9)$$

เมื่อ
 X_{id}^t คือ ตำแหน่งของอนุภาค i ของตัวแปร d ในรอบการคำนวณที่ t
 X_{id}^{t+1} คือ ตำแหน่งของอนุภาค i ของตัวแปร d ในรอบการคำนวณที่ $t+1$
 V_{id}^t คือ ความเร็วในการเปลี่ยนตำแหน่งของอนุภาค i ของตัวแปร d ในรอบการคำนวณที่ t
 V_{id}^{t+1} คือ ความเร็วในการเปลี่ยนตำแหน่งของอนุภาค i ของตัวแปร d ในรอบการคำนวณที่ $t+1$
 $\text{Rand}_1, \text{Rand}_2(0)$ คือ ตัวเลขสุ่มระหว่าง 0 ถึง 1
 Pbest_{id} คือ ตำแหน่งที่ดีที่สุดของอนุภาค i ของตัวแปร d
 Gbest_d คือ ตำแหน่งที่ดีที่สุดในทุกๆ อนุภาคของตัวแปร d
 W คือ ค่าถ่วงน้ำหนัก
 C_1, C_2 คือ ค่าคงที่

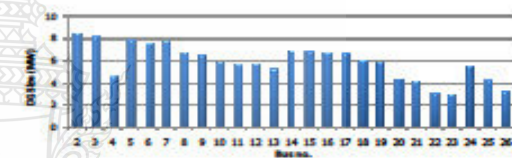
การกำหนดค่าตัวแปร ในวิธีการเคลื่อนตัวของกลุ่มอนุภาคมีความสำคัญในการเข้าสู่ของค่าคงที่ดังนั้นจึงต้องกำหนดค่าตัวแปรต่างๆให้เหมาะสมซึ่งการปรับค่าถ่วงน้ำหนักแสดงได้ตามสมการ (10)

$$W = W_{\max} - \frac{W_{\max} - W_{\min}}{k} \cdot t \quad (10)$$

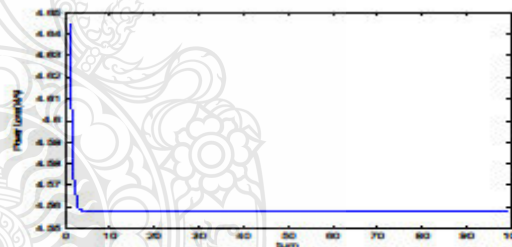
เมื่อ
 W_{\min} คือ ขอบเขตล่างของค่าถ่วงน้ำหนัก
 W_{\max} คือ ขอบเขตบนของค่าถ่วงน้ำหนัก
 t คือ รอบการคำนวณปัจจุบัน
 k คือ รอบการคำนวณทั้งหมด

วิธีการเคลื่อนตัวของอนุภาคที่เหมาะสมที่สุดในการหาค่าตำแหน่งและขนาดกำลังการผลิตที่เหมาะสมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายสามารถอธิบายได้ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้ (5)
 ขั้นตอนที่ 1: จัดเตรียมค่าพารามิเตอร์ต่างๆในระบบจำหน่ายที่จะมาทดสอบเพื่อเข้าสู่โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการคำนวณ
 ขั้นตอนที่ 2: เมื่อได้พารามิเตอร์ต่างๆจากขั้นตอนที่ 1 แล้วศึกษาคำนวณการไหลกำลังไฟฟ้าในระบบจำหน่ายที่จะมาทดสอบเพื่อหาค่าแรงดันและกระแสที่มีค่าต่างๆ
 ขั้นตอนที่ 3: ขั้นตอนนี้เริ่มเข้าสู่กระบวนการวิธีการเคลื่อนตัวของอนุภาคที่เหมาะสมที่สุดแล้วโดยการเริ่มการสุ่มค่า ขนาดและตำแหน่งของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายซึ่งขนาดเมตริกซ์ในการสุ่มค่าขึ้นอยู่กับว่าต้องการประชากรในการทดสอบเท่าใด
 ขั้นตอนที่ 4: นำค่าขนาดและการวางตำแหน่งของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายในขั้นตอนที่ 3 เพื่อคำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้าที่สูญเสียในระบบจำหน่ายที่จะมาทดสอบ จากสมการ วัตถุประสงค์
 ขั้นตอนที่ 5: บันทึกค่าดรรชนีค่าที่ดีที่สุดของกลุ่มอนุภาค ในกลุ่ม Pbest

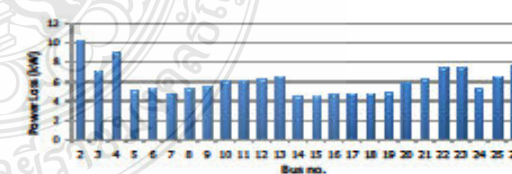
ขั้นตอนที่ 6: บันทึกดรรชนีค่าที่ดีที่สุดของอนุภาคในกลุ่ม ในกลุ่มจะแทนด้วย Gbest
 ขั้นตอนที่ 7: ปรับปรุงค่าความเร็วและตำแหน่งที่อุกปรกของแต่ละอนุภาคจะสามารถคำนวณได้จากความเร็วในปัจจุบันและระยะห่างระหว่าง Pbest กับ Gbest
 ขั้นตอนที่ 8: ตรวจสอบเงื่อนไขการทำงานของกระบวนการว่าครบกำหนดที่ตั้งไว้หรือยังถ้ายังให้นำค่าจากการปรับปรุงไปสู่กระบวนการที่ 4 แต่ถ้าครบกำหนดไปสู่กระบวนการที่ 9 ต่อไป
 ขั้นตอนที่ 9 : ได้ขนาดและตำแหน่งของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายจากกระบวนการวิธีการเคลื่อนตัวของอนุภาคที่เหมาะสมที่สุด
 ระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ที่มีกำลังไฟฟ้ารวมของโหลดขนาด 8.49 MW 5.97 MVAr กำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟที่สูญเสียรวมในระบบแรงดันขนาด 11.68 kW และ 26.08 kVAr ใช้ Base MVA = 10 MVA และ Base kV = 12.66 kV ผลการจำลองโดยโปรแกรม MATLAB หลังติดตั้ง DG ค่าต่างๆ แสดงดังรูปที่ 2 – 5



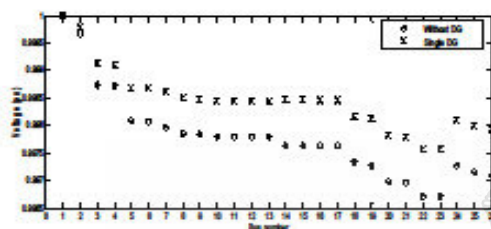
รูปที่ 2. ขนาด DG ที่เหมาะสมของระบบจำหน่าย 26 บัส 25 สาขาจำหน่าย



รูปที่ 3. ค่ากำลังไฟฟ้าจริงสูญเสียบัสที่ 14 จากการวัน 100 รอบ



รูปที่ 4. ค่ากำลังไฟฟ้าจริงสูญเสียหลังติดตั้ง DG ของระบบจำหน่าย 26 บัส



รูปที่ 5. ขนาดแรงดันที่บัสต่างๆของระบบจำหน่าย 26 บัส

5. สรุป

บทความนี้นำเสนอการศึกษาการวิเคราะห์หาขนาดและตำแหน่งการติดตั้ง DG ที่เหมาะสมด้วยวิธีการวิเคราะห์การไหลกำลังไฟฟ้าร่วมกับวิธีการเคลื่อนตัวของอนุภาคที่เหมาะสมที่สุด โดยพิจารณาการทำงานของบัสที่ติดตั้ง DG เข้าไปในระบบ การวิเคราะห์ใช้แบบจำลองของระบบจำหน่ายแบบเรดิออล 26 บัส ซึ่งคิดแปลงมาจากส่วนหนึ่งในระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ผลการจำลองพบว่าขนาดแรงดันที่บัสต่างๆ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.9965 p.u. ถึง 1 p.u. โดยตำแหน่งติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายที่เหมาะสมที่สุดคือ บัสที่ 14 มีขนาดกำลังไฟฟ้าเท่ากับ 6.95 MW กำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟสูญเสียรวมในระบบเท่ากับ 4.55 kW. และ 10.18 kvar. พบว่ากำลังไฟฟ้าที่สูญเสียในระบบลดลง 61 % ทั้งนี้เนื่องจากตำแหน่งและขนาด DG ที่ได้จากการทดสอบนี้ช่วยจ่ายกำลังไฟฟ้าแทนการจ่ายจากสถานีไฟฟ้าต้นทางในสัดส่วนที่เหมาะสมช่วยลดการสูญเสียในระบบจำหน่ายได้ การวิจัยที่กล่าวจะทำต่อไปคือการพิจารณาการเลือกใช้ DG ชนิดต่างๆ ติดตั้งในระบบจำหน่ายแบบอื่นๆด้วย งานวิจัยในขั้นถัดไปจะวิเคราะห์หาตำแหน่งและขนาดในการติดตั้ง โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ VSPF ที่เหมาะสมในระบบจำหน่าย เพื่อช่วยในลดกำลังการสูญเสียในระบบจำหน่ายและความน่าเชื่อถือได้ของระบบมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

[1] ชาลิต คำรงค์, "การส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า", วิศวกรรม การพิมพ์: บริษัท ซีเค็ดยูเอช จำกัด, 2533, หน้า 93-94.

[2] วิวัฒน์ วิเศษชา, "การวิเคราะห์หาตำแหน่งการติดตั้ง FACTS ที่เหมาะสมในระบบจำหน่ายโดยวิธีเคลื่อนอนุภาค", วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ๑๘๖วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2554.

[3] อวิช สิริสังคาย, "การหาตำแหน่งและขนาดติดตั้งสารปารีโคเวร์ในเขตที่เหมาะสมเพื่อลดกำลังสูญเสียในระบบจำหน่ายไฟฟ้าพร้อมทั้งคำนึงถึงความเป็นเชิงเส้นของโหลด โดยวิธีเคลื่อนอนุภาค", วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ๑๘๖วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2550.

[4] บุญฤทธิ์ ทวงทูล, "การกำหนดตำแหน่งและขนาดที่เหมาะสมที่สุดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กเพื่อลดความสูญเสียโดยคำนึงถึงระดับความผิดพลาดในระบบเครือข่ายจำหน่ายไฟฟ้า", วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ๑๘๖วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2552.

[5] W. Krucanek, "Optimal placement size and location of DG using particle swarm optimization," Sripatum University, 2550.

[6] W. Proumce and W. Ongsakul, "Optimal multiple distributed generation placement in microgrid system by improved initialized social structure particle swarm optimization," European Transactions on Electrical Power, 2011, pp. 489-504

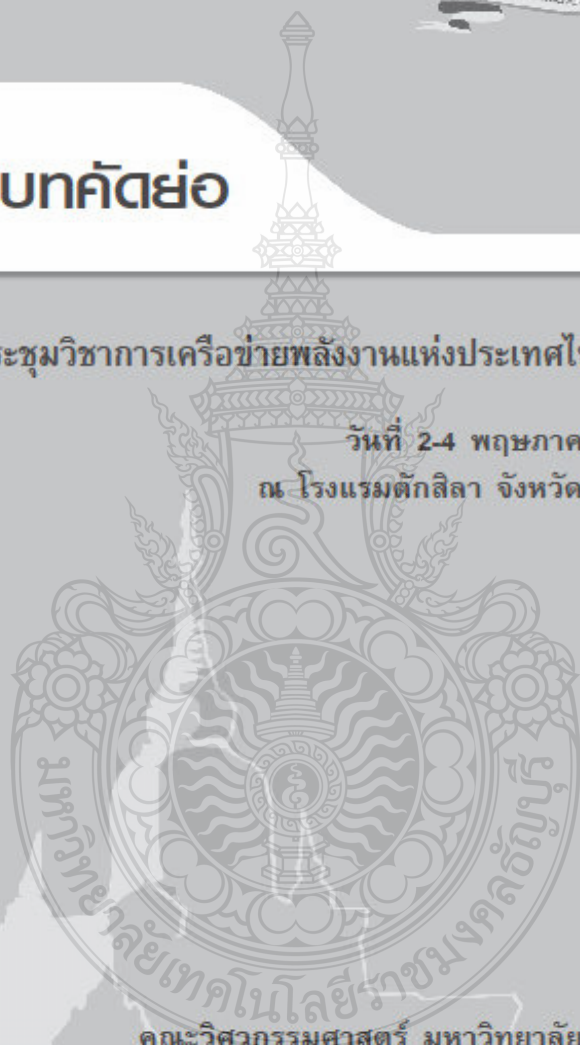


รวมบทคัดย่อ

การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 18

วันที่ 2-4 พฤษภาคม พ.ศ. 2555

ณ โรงแรมตักสิลา จังหวัดมหาสารคาม



จัดโดย

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม



รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาคดี

รศ.ดร. กุลเชษฐ์ เพียรทอง	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
รศ.ดร. ฐานิตย์ เมธิยานนท์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
รศ.ดร. ณีฎฐ์ ภาคยปันโนพันธ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
รศ.ดร. นรินทร์ วัฒนกุล	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
รศ.ดร. พงษ์เจต พรหมวงศ์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
รศ.ดร. มานะ อมรกิจปารุง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
รศ.ดร. สมเกียรติ ปรัชญาวรากร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
รศ.ดร. อติศักดิ์ นาถกรณกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
รศ.ดร. สัมพันธ์ ฤทธิเดช	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
รศ.ดร. สิงห์ทอง พัฒนเศรษฐานนท์	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
รศ.ดร. เสริม จันทร์ฉาย	มหาวิทยาลัยศิลปากร
ผศ.ดร. จินดา เจริญพรพาณิชย์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผศ.ดร. กิตติ สถาพรประสาธน์	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ผศ.ดร. จุฬารัตน์ เบญจปิยะพร	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ผศ.ดร. ชวลิต ถิ่นวงศ์พิทักษ์	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ผศ.ดร. ธนรัฐ ศรีวีระกุล	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ผศ.ดร. ย่าไพศักดิ์ ทิบุญมา	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ผศ.ดร. ชัยยงค์ เตชะไพโรจน์	มหาวิทยาลัยศิลปากร
ผศ.ดร. นริส ประทีนทอง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ผศ.ดร. ปรีชา เต็มสุขสวัสดิ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ผศ.ดร. จีวรพรรณ เตียรย์สุวรรณ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ผศ.ดร. ธนิต สวัสดิ์เสวี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ผศ. สมบูรณ์ เวชกามา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ผศ.ดร. วันชัย ฉิมฉวี	มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
ผศ.ดร. ศักดิ์ระวี วัชรวิกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
ผศ.ดร. ตีร ดวงพร	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ผศ.ดร. สมชาย มณีวรรณ	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผศ.ดร. นิพนธ์ เกตุจ้อย	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผศ.ดร. จินดาพร จำรัสเลิศลักษณ์	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผศ.ดร. เจริญพร เลิศสถิตธนกร	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผศ.ดร. บพิช บุปผโชติ	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผศ.ดร. ณัฐพล ภูมิสะอาด	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม



รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความ(ต่อ)

ผศ.ดร. ทรงชัย วิริยะฮาไพวงศ์	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผศ.ดร. มณีรัตน์ องค์กรวรรณดี	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผศ.ดร. วรวิวัฒน์ เสี่ยงมิบูล	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผศ.ดร. อติศักดิ์ ปัตติยะ	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผศ.ดร. อนุสรณ์ แสงประจักษ์	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผศ.ดร. อภินันท์ อูโรโสภณ	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ดร. กันย์ วงศ์เกษม	การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย
ดร. คาเรณีย์ กิตติโยภาส	กรมส่งเสริมการเกษตร
	และสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย
อ.ดร. ชลิตา เนียมมัญญ์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
อ.ดร. ชัยยันต์ จันทร์ศิริ	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
อ.ดร. ณรงค์ อึ้งกิมป่วน	มหาวิทยาลัยบูรพา
อ.ดร. เกียรติสิน กาญจนวนิชกุล	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อ.ดร. จักรมาส เลหาวิช	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อ.ดร. ณัฐวุฒิ สุวรรณทา	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อ.ดร. นเรศ มีใส	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อ.ดร. นิเวศร์ อังควิตษฐพันธ์	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อ.ดร. นุชิตา สุวแพทย์	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อ.ดร. พลกฤษณ์ จิตต์โต	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อ.ดร. ละมุล วิเศษ	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อ.ดร. สุนันทา เลาว์ณย์ศิริ	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อ.ดร. สุพรรณ ยั่งยืน	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อ.ดร. อรุมา ลาสุนนท์	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อ. ปรีชา ศรีประภาคาร	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อ. ศิริลักษณ์ วงศ์เกษม	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อ.ดร. วทัญญู รอดประพัฒน์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก
อ.ดร. กิตติศักดิ์ วิธินันทกิตต์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก
อ.ดร. ระวี พรหมหลวงศรี	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี



สารบัญ (ต่อ)

รหัสบทความ	ชื่อบทความ	หน้า
RE56	การศึกษาปล่องกระเจียรระบายอากาศพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งมาเนล็ด คิเรก ซูวีเซียร์	50
RE57	การรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าด้วยคอนเวอร์เตอร์แบบซุกสำหรับระบบโซลาร์เซลล์ สันติภาพ โคตทะเล อุดม เครือเทพ ชนากานต์ บุญยืน และระวี สีสวย	51
RE58	อิทธิพลของตัวแปรต่าง ๆ ที่มีผลต่อการกำจัดยางเหนียวออกจากเปลือกเมล็ด มะม่วงหิมพานต์ สังคม สัพโส, จินดาพร จำรัสเลิศลักษณ์ และอดิศักดิ์ บัณฑิตยะ	52
RE59	การหาสัดส่วนที่เหมาะสมของเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งแบบรีดเย็น สุพรรณ ยั่งยืน และจักรมาส เลหาหวณิช	53
EC	Energy Conservation and Management	55
EC01	การศึกษาเปรียบเทียบอัตราตามช่วงเวลาของวันและอัตราตามช่วงเวลาของการใช้ จากการ ผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าก๊าซธรรมชาติเพื่อลดการใช้ไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม กรณีศึกษา : บริษัท โอกิ คาต้า แมนูแฟกเจอร์ (ประเทศไทย) จำกัด โชคทวี นนท์ไพรวัลย์, บุญยัง ปั้งกลาง, และวินัย คำทวี	57
EC02	การหาตำแหน่งและขนาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในระบบจำหน่ายเพื่อปรับปรุงแรงดันและ ลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียโดยวิธีการเคลื่อนตัวของกลุ่มอนุภาคที่เหมาะสมที่สุด วิระชัย พ่วงพรพิทักษ์, กฤษณโรจน์ ภูมิภักดิ์พิชญ์	58
EC03	การเปรียบเทียบคุณลักษณะของเทคนิคการควบคุมแบบต่าง ๆ สำหรับเครื่องอบไฟฟ้าชนิด รังสีอินฟราเรดช่วงไกล สลิลทิพย์ สิ้นธุสนธิชาติ และ ปุณยภัทร ภูมิภาค	59
EC04	ผลกระทบของแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลต่อประสิทธิภาพของมอเตอร์เหนียวนำ สามเฟส ปุณยภัทร ภูมิภาค และ สลิลทิพย์ สิ้นธุสนธิชาติ	60
EC05	เครื่องวัดการกระจายความเข้มส่องสว่างของโคมไฟติดผนังโดยใช้ตัวควบคุมพีซซีลอจิก เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของดวงโคมสำหรับการประหยัดพลังงานในระบบแสงสว่าง ชานัน ใจประดิษฐ์ธรรม, อริวัฒน์ นาคสุริยวงษ์, ณัฐที ถึงสุข และอัครกิตติ ไชยธนกุลวัฒน์	61
EC06	การจำลองการไหลภายในช่องการไหลของกังหันแก๊สแบบไหลเข้าในแนวรัศมีของ เครื่องยนต์แก๊สเทอร์โบขนาดเล็ก บัญญัติ เรืองวงศ์, จารุวัตร เจริญสุข	62
EC07	การออกแบบระบบควบคุมแบบป้อนกลับของเครื่องยนต์กังหันก๊าซขนาดเล็ก ไพศาล ปานคำ, จารุวัตร เจริญสุข และ ทวีกร เบญจนราษฎร์	63
EC08	แบบจำลองทางเทอร์โมไดนามิกส์ของกระบวนการคัมและอุ่นน้ำอ้อยแบบหลายขั้นตอนใน กระบวนการผลิตน้ำตาล ธีรวัฒน์ คลับคล้าย และ วีระชาติ พรพิบูลย์	64



การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 8
วันที่ 2-4 พฤษภาคม พ.ศ. 2555 จังหวัดมหาสารคาม

**EC02 การหาตำแหน่งและขนาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในระบบจำหน่ายเพื่อปรับปรุง
แรงดันและลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียโดยวิธีการเคลื่อนตัวของกลุ่มอนุภาคที่เหมาะสมที่สุด
A Particle Swarm Optimization for Sitting and Sizing of Distributed Generation in
Radial Distribution System to Improve Voltage Profile and Reduce Losses**

วีระชัย พ่วงพรพิทักษ์¹, กฤษณชัชฌานันท์ ภูมิภักดีพิชญ์^{2*}

¹การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เขต 1 ภาคกลาง 46 ม.6 ต.หันตรา อ.พระนครศรีอยุธยา จ.พระนครศรีอยุธยา 13000

²ศูนย์วิจัยระบบไฟฟ้ากำลังและพลังงาน ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
39 หมู่ 1 ต.คลองหก อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

*ผู้ติดต่อ: โทรศัพท์: 02-549-3571 โทรสาร: 02-549-3422 E-mail: krischonme.b@en.mutt.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอวิธีการกำหนดตำแหน่งและขนาดกำลังการผลิตที่เหมาะสมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายด้วยการวิเคราะห์การไหลกำลังไฟฟ้าร่วมกับวิธีการเคลื่อนตัวของอนุภาคที่เหมาะสมที่สุด เพื่อให้ความสูญเสียกำลังไฟฟ้าในระบบจำหน่ายมีค่าต่ำที่สุด โดยการวิเคราะห์ใช้แบบจำลองของระบบจำหน่ายแบบเบเรเดียล 59 บัส ซึ่งดัดแปลงมาจากส่วนหนึ่งในระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค การคำนวณการไหลของกำลังใช้การคำนวณแรงดันแบบไปข้างหน้า และการคำนวณกระแสแบบย้อนกลับ ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าการหาตำแหน่งและขนาดที่เหมาะสมของ DG ด้วยวิธีการเคลื่อนตัวของอนุภาคที่เหมาะสมที่สุดทำให้กำลังไฟฟ้าจริงที่สูญเสียในระบบจำหน่ายลดลงและมีผลต่อการปรับปรุงระดับแรงดันในสาย

คำหลัก: เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจาย, วิธีการเคลื่อนตัวของอนุภาค, ระบบจำหน่ายแบบเบเรเดียล

Abstract

This paper presents a new methodology using Particle Swarm Optimization (PSO) for the placement of Distributed Generation (DG) in the radial distribution systems to reduce the power loss. Single DG placement is used to find the optimal DG location and its size which corresponding to the maximum loss reduction. The proposed method is tested on the 26-bus and 59 bus radial distribution system which modified from the Provincial Electricity Authority (PEA) distribution system. The load flow analysis on distribution use forward-backward sweep methodology. The simulation results show that PSO can obtain maximum loss reductions and resulting in voltage level improvement.

Keywords: Distribution Generator, Particle Swarm Optimization, Radial Distributed System



1. บทนำ

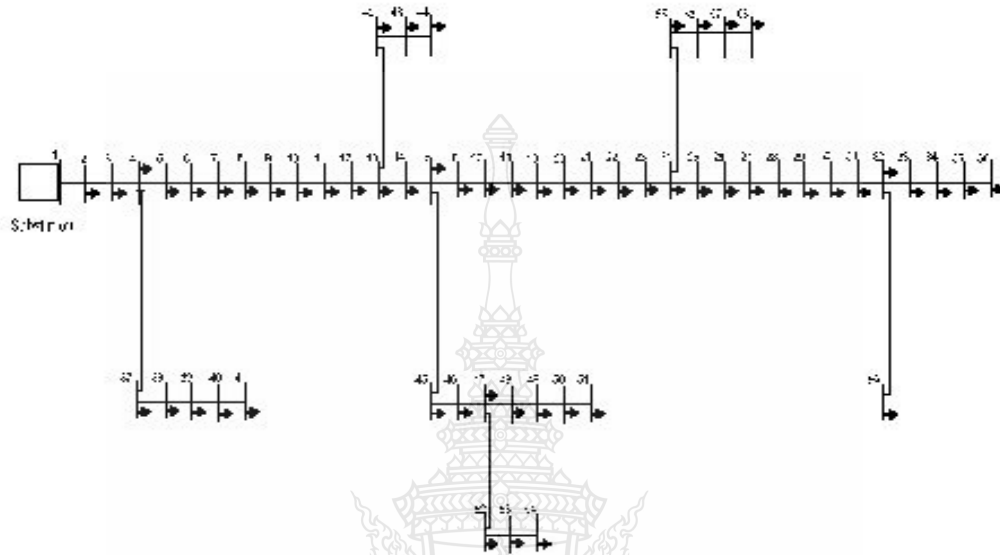
ประเทศไทยมีระบบการส่งกำลังไฟฟ้าในระบบจำหน่ายส่วนใหญ่เป็นระบบการต่อวงจรสายป้อนหลักแบบเรเดียล (Radial distribution system) มีการต่อกระจายออกเชิงรัศมี เป็นการจัดรูปแบบวงจรที่ง่ายและมีราคาต่ำที่สุด โดยเป็นการจ่ายไฟฟ้าออกจากสถานีไฟฟ้าย่อยเพื่อนำพลังงานไฟฟ้าไปจ่ายให้กับโหลด เนื่องจากการต่อวงจรสายป้อนหลักแบบเรเดียลนี้ ไม่มีการเชื่อมต่อกับสายป้อนที่มาจากสถานีย่อยอื่นๆ ทำให้มีข้อเสียกล่าวคือเมื่อเกิดความผิดปกติ (Fault) ที่สายป้อนใดทำให้สายป้อนนั้นไฟดับทั้งหมด [1] ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการจ่ายพลังงานไฟฟ้าไปยังโหลดไม่มีความน่าเชื่อถือและไม่มีความยืดหยุ่นของระบบเท่าที่ควร เป็นผลให้การส่งกำลังไฟฟ้าในระบบจำหน่ายมีคุณภาพกำลังไฟฟ้าและเสถียรภาพกำลังไฟฟ้าที่ต่ำตามไปด้วย ระบบจำหน่ายไฟฟ้าโดยทั่วไปมีกำลังไฟฟ้าสูญเสียมากกว่าระบบส่งจ่ายไฟฟ้า เนื่องจากเป็นระบบที่มีค่าอัตราส่วนระหว่างความต้านทานกับความต้านทานเหนี่ยวนำ (R/X Ratio) ค่อนข้างสูงทั้งยังเป็นระบบที่มีระดับแรงดันต่ำ และมีกระแสไหลในสายมากกว่าระบบส่งจ่ายไฟฟ้า การปรับปรุงระบบจำหน่ายไฟฟ้าเพื่อลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียมีหลายวิธี เช่น การติดตั้ง FACTS ที่เหมาะสมในระบบจำหน่ายเพื่อช่วยจ่ายกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟในระบบและแก้ปัญหาเพาเวอร์แฟคเตอร์เป็น การแก้ปัญหาแรงดันตก [2] และการติดตั้งคาปาซิเตอร์เพื่อช่วยจ่ายกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟเข้าสู่ระบบ [3] บทความนี้นำเสนอการวิเคราะห์หาค่าตำแหน่งและขนาดกำลังผลิตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายที่เหมาะสมในระบบจำหน่ายแบบเรเดียล ทำให้กำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟที่สูญเสียในระบบจำหน่ายลดลง ทำให้ระบบมีเสถียรภาพกำลังไฟฟ้าและความน่าเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่ดียิ่งขึ้น

บทความนี้กล่าวถึงระบบจำหน่ายแบบเรเดียล, การวางหลักวิธีในการหาค่าตอบ, วิธีการเคลื่อนตัวของ

อนุภาคที่เหมาะสมที่สุดในการหาค่าตอบ รวมถึงบทสรุปและข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในขั้นถัดไป

2. ระบบจำหน่ายแบบเรเดียล

ระบบจำหน่ายแบบเรเดียลเป็นโครงข่ายระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่ง่ายที่สุด มีการจ่ายไฟฟ้าไปยังผู้ใช้ไฟฟ้าผ่านสายจำหน่ายเพียงด้านเดียว พลังงานไฟฟ้าไหลไปในทิศทางเดียวกันจากสถานีไฟฟ้าไปยังโหลด การกระจ่ายใช้งาน การวางแผนใช้ระบบจำหน่ายนี้ หากมีโหลดผู้ใช้ไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้นในอนาคตก็สามารถเพิ่มระบบจำหน่ายแบบเรเดียลให้กลายเป็นระบบจำหน่ายแบบอุปได้ หรือระบบจำหน่ายแบบร่างแหต่อไปได้ ระบบจำหน่ายไฟฟ้าแบบเรเดียลนิยมใช้สำหรับจ่ายพลังงานไฟฟ้าไปยังผู้ใช้ไฟฟ้าในพื้นที่ทั่วไปหรือในชนบท เนื่องจากระบบจำหน่ายไฟฟ้าประเภทที่ลงทุนต่ำ มีการป้องกันระบบง่าย และลักษณะของการวางสายแบบนี้สามารถเข้าใจได้ง่าย บทความนี้ใช้แบบจำลองของระบบจำหน่ายแบบเรเดียล 59 บัส 58 สายจำหน่ายดังรูปที่ 1 ซึ่งดัดแปลงมาจากส่วนหนึ่งในระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค [4] ที่มีกำลังไฟฟ้ามรวมของโหลดขนาด 13.5 MW และ 7.4 MVar กำลังไฟฟ้าที่สูญเสียรวมในระบบแรกเริ่มขนาด 123.13 kW และ 280.87 kVar บัสที่ 1 เป็นโหนดจ่ายที่เชื่อมต่อกับระบบส่งโดยผ่านสถานีย่อย การเชื่อมต่อโหนดสาขาจะเริ่มเชื่อมต่อจากบัสที่ 1 ไปยังบัสที่ 2 แล้วต่อไปยังโหนดสาขาอื่นๆ ต่อไป



รูปที่ 1. แผนภาพเส้นเดียวของระบบจำหน่ายแบบเรเดียล 59 บัส 58 สายจำหน่าย

3. การวางหลักวิธีในการหาคำตอบ

วิธีการหาคำตอบของปัญหาการหาค่าหนึ่งและขนาดกำลังการผลิตที่เหมาะสมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายใช้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์คือ การหาคำตอบที่มุ่งเน้นเพื่อลดกำลังสูญเสียไฟฟ้าจริงในระบบจำหน่ายไฟฟ้า [8] โดยมีฟังก์ชันวัตถุประสงค์ดังสมการที่ (1) เพื่อลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในสายส่งให้น้อยที่สุดและเป็นไปตามสมการสมดุลกำลังไฟฟ้าดังสมการที่ (2)

$$P_L = \sum_{k=1}^{N_{sc}} Loss_k \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^N P_{DGi} = \sum_{i=1}^N P_{Di} + P_L \quad (2)$$

ข้อจำกัดพิกัดของแรงดันไฟฟ้าและกระแสในสาย [8] เป็นดังสมการที่ (3) และ (4)

$$|V|^{min} \leq |V| \leq |V|^{max} \quad (3)$$

$$|I_y| \leq |I_y|^{max} \quad (4)$$

เมื่อ

P_L คือกำลังไฟฟ้าจริงที่สูญเสียในสายส่งทั้งหมด

$Loss_k$ คือกำลังไฟฟ้าจริงที่สูญเสียในสายส่งที่ k

N_{sc} คือจำนวนสายส่งทั้งหมด

P_{DGi} คือกำลังไฟฟ้าจริงของ DG ที่ผลิตจ่ายเข้าบัส i

P_{Di} คือความต้องการกำลังไฟฟ้าจริงที่บัส i

$|V_i|$ คือขนาดแรงดันที่บัส i



$|V_i|^{min}, |V_i|^{max}$ คือขอบเขตต่ำสุด, สูงสุด ของแรงดันที่บัส
 $|ij|$ คือขนาดกระแสระหว่างบัส i และ j
 $|I_j|^{max}$ คือพิกัดกระแสสูงสุด
 ข้อจำกัดขอบเขตการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
 แบบต่างๆ [5] ได้แก่

แบบที่ 1 เป็น DG ที่สามารถจ่ายได้เฉพาะกำลังไฟฟ้า
 จริง เช่น การผลิตด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ ดังสมการที่
 (5)

$$P_{DG} - P_{Di} - \frac{1}{A_i} \sum_{j=1}^n (A_{ij} P_j - B_{ij} Q_j) \quad (5)$$

แบบที่ 2 เป็น DG ที่สามารถจ่ายได้เฉพาะกำลังไฟฟ้า
 รีแอกทีฟ เช่น ซิงโครนัสคอนเดนเซอร์ (Synchronous
 condenser) ดังสมการที่ (6)

$$Q_{DG} - Q_{Di} - \frac{1}{A_i} \sum_{j=1}^n (A_{ij} Q_j - B_{ij} P_j) \quad (6)$$

แบบที่ 3 เป็น DG ซึ่งสามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าจริง แต่
 ต้องการกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ เช่น กังหันลมแสดงได้
 ดังสมการที่ (7)

$$0.0032 A_{ij} P_{DG}^2 + P_{DG} [1.004 A_{ij} + 0.084 Q_{Di} - 0.087] + (X_i - A_{ij} P_{Di}) = 0 \quad (7)$$

แบบที่ 4 เป็น DG ซึ่งสามารถรักษาระดับแรงดันที่บัส
 กรณีนี้ได้แก่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งติดตั้งที่เจนเนอเร
 เตอร์บัส (Generator bus) ที่ใช้ในการคำนวณการไหล
 ของกำลังในระบบไฟฟ้า (Load flow) มีกำลังไฟฟ้า
 จ่ายจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ดังสมการที่ (8)

$$P_i - P_{DG} - P_i - \frac{1}{A_i} \sum_{j=1}^n (A_{ij} P_j - B_{ij} Q_j) \quad (8)$$

โดยที่ $P_i = \sum_{k=1}^n \sum_{j=1}^n A_{ij} (P_i P_j + Q_i Q_j) + B_{ij} (Q_i P_j - P_i Q_j)$ (9)

$$A_{ij} = \frac{R_{ij} \cos(\delta_i - \delta_j)}{V_i V_j} \quad (10)$$

$$B_{ij} = \frac{R_{ij} \sin(\delta_i - \delta_j)}{V_i V_j} \quad (11)$$

เมื่อ P_i คือกำลังไฟฟ้าจริงที่จ่ายเข้าบัส i
 Q_i คือกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟที่จ่ายเข้าบัส i
 R_{ij} คือความต้านทานในสายส่งระหว่างบัส ij
 δ_i คือมุมที่บัส i และ j

4. วิธีการเคลื่อนตัวของกลุ่มอนุภาคที่เหมาะสม ที่สุดในการหาคำตอบ

วิธีการเคลื่อนตัวของกลุ่มอนุภาคที่เหมาะสมที่สุด
 เป็นการค้นหาคำตอบที่มีพื้นฐานเลียนแบบพฤติกรรม
 ทางสังคมและพลศาสตร์การเคลื่อนไหวของฝูง
 แมลง นก หรือปลา ซึ่งถูกนำเสนอโดย Kennedy และ
 Eberhart (1995) เหมาะสำหรับปัญหาที่ตัวแปรมีค่า
 ต่อเนื่อง ซึ่งประสบความสำเร็จในการนำไปใช้หาคำ
 ตอบที่หลากหลาย โดยมีข้อดี คือ จำนวน
 พารามิเตอร์น้อย และสามารถค้นหาคำตอบที่
 เหมาะสมที่สุดได้อย่างมีประสิทธิภาพ เป็นต้น ซึ่ง
 คำตอบที่เหมาะสมที่สุด จะถูกค้นหอย่างเป็นขั้นเป็น
 ตอน โดยอาศัยหลักการเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งของ
 อนุภาคตามเวลาภายในสเปซของการค้นหา ซึ่งการ
 เคลื่อนที่ของแต่ละอนุภาคขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของ
 มันเองและตามประสบการณ์ของอนุภาคที่อยู่ข้างเคียง
 [5] โดยความเร็วและตำแหน่งของอนุภาคใดๆแต่ละค่า
 หาได้ดังสมการ (12) และ (13)

$$V_{id}^{t+1} = W_{id}^t V_{id}^t + \text{Rand}_1 C_1 (Pbest_{id} - X_{id}^t) + \text{Rand}_2 C_2 (Gbest_d - X_{id}^t) \quad (12)$$

$$X_{id}^{t+1} = X_{id}^t + V_{id}^{t+1} \quad (13)$$

เมื่อ X_{id}^t คือตำแหน่งของอนุภาค i ของตัวแปร d ในรอบ
 การคำนวณที่ t

X_{id}^{t+1} คือตำแหน่งของอนุภาค i ของตัวแปร d ในรอบ
 การคำนวณที่ $t+1$

V_{id}^t คือความเร็วในการเปลี่ยนตำแหน่งของอนุภาค i
 ของตัวแปร d ในรอบการคำนวณที่ t

V_{id}^{t+1} คือความเร็วในการเปลี่ยนตำแหน่งของอนุภาค i
 ของตัวแปร d ในรอบการคำนวณที่ $t+1$



$Rand_1, Rand_2$ คือตัวเลขสุ่มระหว่าง 0 ถึง 1
 $Pbest_{id}$ คือตำแหน่งที่ดีที่สุดของอนุภาค i ของตัวแปร d
 $Gbest_d$ คือตำแหน่งที่ดีที่สุดในทุกๆ อนุภาคของตัวแปร i
 w คือค่าถ่วงน้ำหนัก
 C_1, C_2 คือค่าคงที่

การกำหนดค่าตัวแปรในวิธีการเคลื่อนตัวของกลุ่มอนุภาคมีความสำคัญในการเข้าสู่ของค่าตอบ ดังนั้นจึงต้องกำหนดค่าตัวแปรต่างๆให้เหมาะสมซึ่งการปรับค่าถ่วงน้ำหนักแสดงได้ตามสมการ (14)

$$w = w_{max} - \frac{w_{max} - w_{min}}{k} \quad (14)$$

เมื่อ

w_{min} คือขอบเขตล่างของค่าถ่วงน้ำหนัก
 w_{max} คือขอบเขตบนของค่าถ่วงน้ำหนัก
 i คือรอบการคำนวณปัจจุบัน
 k คือรอบการคำนวณทั้งหมด

วิธีการเคลื่อนตัวของอนุภาคที่เหมาะสมที่สุดใน การหา ตำแหน่งและขนาดกำลังการผลิตที่เหมาะสมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายสามารถอธิบายได้ ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้ [5]

ขั้นตอนที่ 1: จัดเตรียมค่าพารามิเตอร์ต่างๆในระบบ จำหน่ายที่จะมาทดสอบเพื่อนำเข้าสู่โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการคำนวณ

ขั้นตอนที่ 2: เมื่อได้พารามิเตอร์ต่างๆจากขั้นตอนที่ 1 แล้วก็มาคำนวณการไหลกำลังไฟฟ้าในระบบจำหน่าย ที่จะมาทดสอบเพื่อหาค่าแรงดันและกระแสที่บัสต่างๆ

ขั้นตอนที่ 3: ขั้นตอนนี้เริ่มเข้าสู่กระบวนการวิธีการเคลื่อนตัวของอนุภาคที่เหมาะสมที่สุดแล้วโดยการเริ่ม การสุ่มค่า ขนาดและตำแหน่งของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า แบบกระจายซึ่งขนาดเมตริกซ์ในการสุ่มค่าขึ้นอยู่กับว่า ต้องการประชากรในการทดสอบเท่าใด

ขั้นตอนที่ 4: นำค่าขนาดและการวางตำแหน่งของ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายในขั้นตอนที่ 3 เพื่อ

คำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้าที่สูญเสียในระบบจำหน่ายที่ จะมาทดสอบ จากสมการวัตถุประสงค์

ขั้นตอนที่ 5: บันทึกค่าความถี่ค่าที่ดีที่สุดของกลุ่ม อนุภาคในกลุ่ม $Pbest$

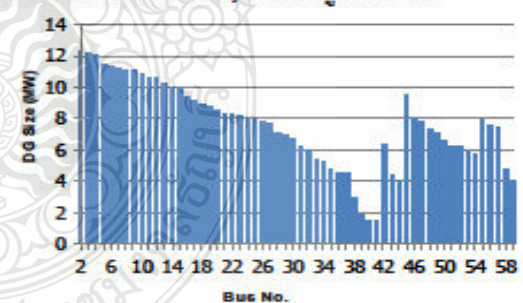
ขั้นตอนที่ 6: บันทึกค่าความถี่ค่าที่ดีที่สุดของอนุภาคใน กลุ่มในกลุ่มจะแทนด้วย $Gbest$

ขั้นตอนที่ 7: ปรับปรุง ค่าความเร็วและตำแหน่งที่ถูก ปรับของแต่ละอนุภาคจะสามารถคำนวณได้จาก ความเร็วในปัจจุบันและระยะห่างระหว่าง $Pbest$ กับ $Gbest$

ขั้นตอนที่ 8 : ตรวจสอบการทำงานของกระบวนการว่า ครบกำหนดที่ตั้งไว้หรือยังถ้ายังให้นำค่าจากการ ปรับปรุงไปสู่กระบวนการที่ 4 แต่ถ้าครบกำหนดไปสู่ กระบวนการที่ 9 ต่อไป

ขั้นตอนที่ 9 : ได้ขนาดและตำแหน่งของเครื่องกำเนิด ไฟฟ้าแบบกระจาย จากกระบวนการวิธีการเคลื่อนตัว อนุภาคที่เหมาะสมที่สุด

ระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ที่มี กำลังไฟฟ้ารวมของโหลดขนาด 13.5 MW 7.4 MVar กำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้า รีแอกทีฟที่สูญเสีย รวมในระบบแรกเริ่มขนาด 123.13 kW และ 280.87 kVar ใช้ Base MVA = 10 MVA. และ Base kV = 12.66 kV ผลการจำลองโดยใช้โปรแกรม MATLAB หลังติดตั้ง DG ค่าต่างๆ แสดงดังรูปที่ 2 – 5



รูปที่ 2. ขนาด DG ที่เหมาะสมของระบบจำหน่าย 59 บัส 58 สายจำหน่าย

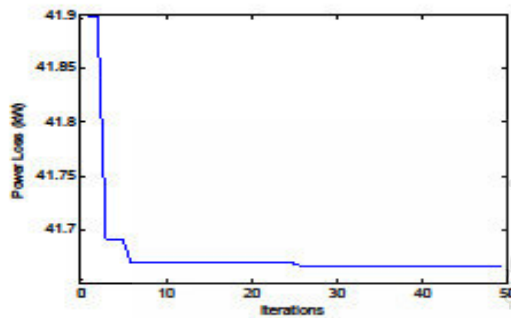


5. สรุป

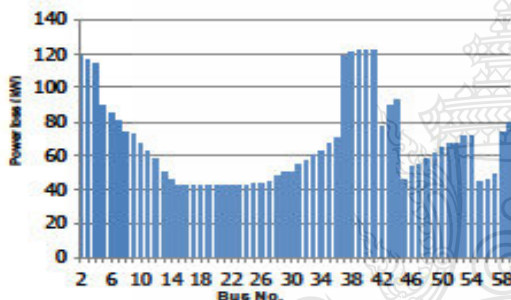
บทความนี้นำเสนอการศึกษาการวิเคราะห์หาขนาดและตำแหน่งการติดตั้ง DG ที่เหมาะสมด้วยการวิเคราะห์การไหลกำลังไฟฟ้าร่วมกับวิธีการเคลื่อนตัวของอนุภาคที่เหมาะสมที่สุด โดยพิจารณาการทำงานของบัสที่ถูกติดตั้ง DG เข้าไปในระบบ การวิเคราะห์ใช้แบบจำลองของระบบจำหน่ายแบบเบเรเดียล 59 บัส ซึ่งคิดแปลงมาจากส่วนหนึ่งในระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ผลการจำลองพบว่าขนาดแรงดันที่บัสต่าง ๆ ก่อนติดตั้ง DG มีค่าอยู่ระหว่าง 0.976 p.u. ถึง 1 p.u. หลังติดตั้ง DG มีค่าอยู่ระหว่าง 1 p.u. ถึง 0.985 p.u. โดยตำแหน่งติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายที่เหมาะสมที่สุดคือ บัสที่ 18 มีขนาดกำลังไฟฟ้าเท่ากับ 8.99 MW กำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟสูญเสียรวมในระบบเท่ากับ 42.18 kW และ 92.99 kVar พบว่ากำลังไฟฟ้าที่สูญเสียในระบบลดลง 65.74 % ทั้งนี้เนื่องจากตำแหน่งและขนาด DG ที่ได้จากการทดสอบนี้ช่วยจ่ายกำลังไฟฟ้าแทนการจ่ายจากสถานีไฟฟ้าต้นทางในสัดส่วนที่เหมาะสมช่วยลดการสูญเสียในระบบจำหน่ายและช่วยปรับปรุงระดับแรงดันในสายได้ การวิจัยที่คาดว่าจะทำต่อไปคือการพิจารณาการเลือกใช้ DG ชนิดต่างๆ ติดตั้งในระบบจำหน่ายแบบอื่น ๆ ด้วย งานวิจัยในขั้นถัดไปจะวิเคราะห์หาตำแหน่งและขนาดในการติดตั้งโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ VSPP ที่เหมาะสมในระบบจำหน่าย เพื่อช่วยในลดกำลังการสูญเสียในระบบจำหน่ายและความน่าเชื่อถือได้ของระบบมากยิ่งขึ้น

7. เอกสารอ้างอิง

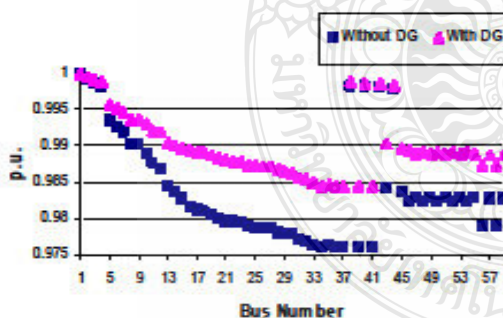
- [1] ขวลิขิต คำรงรัตน์, "การส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า", หจก.เอช-เอ็น การพิมพ์: บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด, 2533, หน้า 93-94.
- [2] จักรินทร์ วิเศษยา, "การวิเคราะห์หาตำแหน่งการติดตั้ง FACTS ที่เหมาะสมในระบบจำหน่ายโดยวิธีกลุ่มอนุภาค", วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชา



รูปที่ 3. กำลังไฟฟ้าจริงสูญเสียบัสที่ 18 จากการวิ่ง 50 รอบ



รูปที่ 4. ค่ากำลังไฟฟ้าจริงสูญเสียหลังติดตั้ง DG ของระบบจำหน่าย 59 บัส



รูปที่ 5. ขนาดแรงดันที่บัสต่าง ๆ ก่อนและหลังติดตั้ง DG ของระบบจำหน่าย 59 บัส



วิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, 2554.

[3] ธวัช สิริสังกาส, "การหาดำแหน่งและขนาดติดตั้งคาปาซิเตอร์แบบค้ที่เหมะสมเพื่อลดกำลัง สูญเสียในระบบจำหน่ายไฟฟ้าพร้อมทั้งคำนึงถึงความไม่เป็นเชิงเส้นของโหลดโดยใช้วิธีกลุ่มอนุภาค" . วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2550.

[4] บุญฤทธิ์ ทองพูล, "การกำหนดตำแหน่งและขนาดที่เหมะสมที่สุดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กเพื่อลดความสูญเสียโดยคำนึงถึงระดับความผิดพลาดในระบบเครือข่ายจำหน่ายไฟฟ้า" . วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์, 2552.

[5] W. Krueasuk, "Optimal placement size and location of DG using particle swarm optimization," Sripatum University, 2550.

[6] W. Prommee and W. Ongsakul, "Optimal multiple distribute generation placement in microgrid system by improved reinitialized social structures particle swarm optimization," European Transactions on Electrical Power, 2011, pp. 489-504



ประวัติผู้เขียน

ชื่อ - สกุล	นายวีระชัย พ่วงพรพิทักษ์
วัน เดือน ปีเกิด	29 ธันวาคม 2526
ที่อยู่	2/15 ถ.ชวนชื่น ต.ในเมือง อ.เมือง จ.ขอนแก่น
การศึกษา	สำเร็จการศึกษาระดับวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า จากมหาวิทยาลัยขอนแก่น
ประสบการณ์การทำงาน	
พ.ศ. 2549 – 2553	บริษัท แอ็ดวานซ์ อะโกร จำกัด (มหาชน) ตำแหน่ง รักษาการหัวหน้าแผนกบำรุงรักษาระบบไฟฟ้า
พ.ศ. 2553 – ปัจจุบัน	การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เขต 1 ภาคกลาง ตำแหน่ง วิศวกร

