



การหาตำแหน่งและขนาดที่เหมาะสมในการติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็กในระบบจำหน่ายไฟฟ้า
ด้วยวิธีการหาค่าที่เหมาะสมแบบพฤติกรรมการหาอาหารของแบคทีเรีย

ปาริชาติ สอดศรี

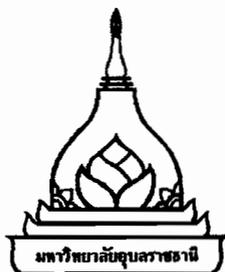
วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ปีการศึกษา 2557
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี



OPTIMAL PLACEMENT OF DISTRIBUTED GENERATORS IN DISTRIBUTION
SYSTEM USING BACTERIAL FORAGING OPTIMIZATION

PARICHART SODSRI

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS
FOR THE DEGREE OF MASTER OF ENGINEERING
MAJOR IN ELECTRICAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
UBON RATCHATHANI UNIVERSITY
ACADEMIC YEAR 2014
COPYRIGHT OF UBON RATCHATHANI UNIVERSITY



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

เรื่อง การหาตำแหน่งและขนาดที่เหมาะสมในการติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็กในระบบจำหน่ายไฟฟ้าด้วย
วิธีการหาค่าที่เหมาะสมแบบพฤติกรรมกรรมการหาอาหารของแมคทีเรีย

ผู้วิจัย นางสาวปาริชาติ สอดศรี

คณะกรรมการสอบ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปานหทัย บัวศรี

ประธานกรรมการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บงกช สุขอนันต์

กรรมการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มงคล ปุชยตานนท์

กรรมการ

อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บงกช สุขอนันต์)

(รองศาสตราจารย์ ดร.กุลเชษฐ์ เพียรทอง)

คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร.อริยาภรณ์ พงษ์รัตน์)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ปีการศึกษา 2557

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บงกช สุขอนันต์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้ความช่วยเหลือให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นมาตลอด ระยะเวลาที่ทำการศึกษ เป็นอย่างดี ขอขอบพระคุณ ดร.วิเชียร โสมณวัฒน์ หลักสูตรเทคโนโลยี การก่อสร้าง คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ การพัฒนาโปรแกรมที่ใช้ในการหาค่าตอบของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบคุณ รองผู้อำนวยการกองวิศวกรรมและวางแผน การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เขต 2 ภาค 2 ที่ได้ให้โอกาสในการศึกษาและให้คำปรึกษาชี้แนะในการศึกษาตลอดระยะเวลาการศึกษา ในมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ขอขอบคุณ นายสรรค์ชัย พรหมสูงค์ ผู้ช่วยหัวหน้าแผนกจัดการ งานโครงการก่อสร้างสายส่งและสถานีการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เขต 2 ภาค 2 ที่ได้คำปรึกษาแนะนำ ที่มีคุณค่าต่อการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอขอบคุณ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เขต 2 ภาค 2 (กฟฉ.2) ที่อนุญาตให้ใช้ข้อมูลของหน่วยงานในการศึกษา ในการทำระบบทดสอบ รวมทั้งให้เผยแพร่ ผลการศึกษา และขอขอบคุณพนักงาน กฟฉ.2 ทุกท่านที่ได้ให้ข้อมูลเพิ่มเติม

ขอขอบคุณ ครอบครัว และเพื่อนที่คอยเป็นกำลังใจให้มาโดยตลอด และสุดท้ายนี้ขอขอบคุณ ผู้ที่ไม่ได้เอ่ยนามที่ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจในทุกๆด้านจนกระทั่งวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จ ลุล่วงไปด้วยดี

ปาริชาติ สอดศรี
ผู้วิจัย

บทคัดย่อ

- เรื่อง : การหาตำแหน่งและขนาดที่เหมาะสมในการติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็กในระบบจำหน่ายไฟฟ้า ด้วยวิธีการหาค่าที่เหมาะสมแบบพฤติกรรมการหาอาหารของแมคทีเรีย
- ผู้วิจัย : ปาริชาติ สอดศรี
- ชื่อปริญญา : วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
- สาขาวิชา : วิศวกรรมไฟฟ้า
- อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บงกช สุขอนันต์
- ศัพท์สำคัญ : โรงไฟฟ้าขนาดเล็ก, วิธีการหาค่าที่เหมาะสม, การลดกำลังไฟฟ้าสูญเสีย วิธีการหาอาหารของแมคทีเรีย

การพัฒนาาระบบจำหน่ายไฟฟ้าให้สามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าเพื่อตอบสนองความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มสูงขึ้นนั้น จำเป็นต้องมีการวางแผนจัดหาพลังงานไฟฟ้าให้เพียงพอต่อความต้องการ ปัจจุบันจึงมีการสร้างโรงไฟฟ้าขนาดเล็กมาเชื่อมต่อในระบบจำหน่ายไฟฟ้ามากขึ้น ซึ่งอาจส่งผลให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบสูงขึ้น ทำให้ต้องพิจารณาหาขนาดและตำแหน่งที่เหมาะสมในการติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก วิทยานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอการศึกษาเพื่อหาขนาดและตำแหน่งที่เหมาะสมในการติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก มีวัตถุประสงค์เพื่อลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบให้น้อยที่สุดและปรับปรุงระดับแรงดันไฟฟ้า ด้วยการประยุกต์ใช้วิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบพฤติกรรมการหาอาหารของแมคทีเรีย โดยได้ทำการทดสอบหาค่าพารามิเตอร์ของวิธีการหาอาหารของแมคทีเรียพร้อมทั้งวิธีการวิเคราะห์ความไวต่อกำลังไฟฟ้าสูญเสีย เพื่อใช้คัดเลือกกลุ่มคำตอบของตำแหน่งติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็กเบื้องต้น วิธีการนี้จะช่วยลดขอบเขตของกลุ่มคำตอบที่ต้องค้นหา ตลอดจนได้ทำการปรับปรุงระยะเคลื่อนที่ของแมคทีเรียในขั้นตอนเคโมแทกซิส ให้เปลี่ยนแปลงตามจำนวนรอบของขั้นตอนเคโมแทกซิส และจำนวนรอบการสืบพันธุ์ เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเคลื่อนที่ของแมคทีเรียในการค้นหาคำตอบ เพื่อให้สามารถเข้าสู่คำตอบได้เร็วและทำให้สามารถค้นหาคำตอบได้ใกล้เคียงคำตอบที่ดีที่สุด วิธีการที่นำเสนอได้ถูกทดสอบกับระบบทดสอบมาตรฐานแบบเรเดียล ขนาด 33 บัส และระบบจำหน่ายการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ขนาด 331 บัส

จากการผลการทดสอบพบว่า วิธีการแก้ปัญหาที่นำเสนอสามารถหาขนาดและตำแหน่งที่เหมาะสมของโรงไฟฟ้าขนาดเล็กที่ทำให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบลดลง สามารถลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบจำหน่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ขนาด 331 บัส ได้ 97.54% และช่วยปรับปรุงแรงดันไฟฟ้าให้ดีขึ้น

ABSTRACT

TITLE : OPTIMAL PLACEMENT OF DISTRIBUTED GENERATORS IN DISTRIBUTION SYSTEM USING BACTERIAL FORAGING OPTIMIZATION

BY : PARICHART SODSRI

DEGREE : MASTER OF ENGINEERING

MAJOR : ELECTRICAL ENGINEERING

ADVISOR : BONGKOJ SOOKANANTA, Ph.D.

KEYWORDS : DISTRIBUTED GENERATION (DG), OPTIMAL PLACEMENT, MINIMIZE POWER LOSS, BACTERIAL FORAGING OPTIMIZATION ALGORITHM (BFOA)

Development of electrical power system is to served increase of electrical energy consumption. Distributed generation (DG) is therefore increased in a number of its connection to the distribution system and can cause higher losses in the system. This thesis presents a study of the optimal size and location of DG problem. The bacterial foraging optimization algorithm (BFOA) is applied to search for the solution. The objective is to obtain least electrical power loss. Good parameters of the BFOA to this application and pre-selection factors of the solution are tested and selected. It is found that the solution can be obtained faster. The method is tested using IEEE-33 bus and PEA NE2 region 331-bus systems.

The result shows that optimal size and location of DG can reduced 97.54% of losses in PEA NE2 region 331-bus system and improve voltage profile.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ญ
คำอธิบายสัญลักษณ์และอักษรย่อ	ฐ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 การศึกษาเบื้องต้น	2
1.3 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์	6
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	6
1.5 ขอบเขตของการวิจัย	7
1.6 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้	7
1.7 เนื้อหาของวิทยานิพนธ์	7
บทที่ 2 ข้อมูลพื้นฐานและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	
2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	8
2.2 โรงไฟฟ้าขนาดเล็ก (Distributed Generator หรือ DG)	11
2.3 ข้อจำกัดการเชื่อมต่อโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก	12
2.4 การคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้า	12
2.5 ระบบจำหน่ายไฟฟ้าของ กฟฉ.2	13
2.6 ข้อมูลภูมิศาสตร์สารสนเทศระบบไฟฟ้า (Geographic Information System หรือ GIS)	14
2.7 การจัดเตรียมระบบทดสอบ	16
บทที่ 3 วิธีการหาค่าที่เหมาะสมและการแก้ปัญหาด้วยวิธีการหาอาหารของแบคทีเรีย (bacterial foraging optimization algorithm: BFOA)	
3.1 ปัญหาการหาขนาดและตำแหน่งที่เหมาะสมของโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก	18
3.2 การหาค่าที่เหมาะสมด้วยวิธีการหาอาหารของแบคทีเรีย (BFOA)	19
3.3 การประยุกต์ใช้วิธีการ BFOA เพื่อแก้ปัญหาการหาขนาดและตำแหน่งของโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก	21
3.4 การหาขนาดและตำแหน่งติดตั้งของโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก ด้วยวิธีการหาอาหารของแบคทีเรีย (BFOA)	24

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 การกำหนดค่าพารามิเตอร์วิธีการ BFOA และการคัดเลือกกลุ่มคำตอบเบื้องต้น	
4.1 การทดสอบหาค่าพารามิเตอร์ของวิธีการ BFOA ที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการหาขนาดและตำแหน่งติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก	27
4.2 สรุปผลการทดสอบการกำหนดค่าพารามิเตอร์ของวิธีการหาอาหารของแบคทีเรีย (BFOA)	44
4.3 การคัดเลือกกลุ่มคำตอบ	45
4.4 สรุปผลการทดสอบวิธีการคัดเลือกกลุ่มคำตอบ	54
4.5 การทดสอบใช้วิธีการคัดเลือกกลุ่มคำตอบของตำแหน่งติดตั้งของ DG เบื้องต้น ร่วมกับการหาค่าที่เหมาะสมวิธีการ BFOA	54
4.6 สรุปผลการทดสอบการใช้วิธีการคัดเลือกกลุ่มคำตอบของตำแหน่งติดตั้งของ DG เบื้องต้น ร่วมกับการหาค่าที่เหมาะสมด้วยวิธีการ BFOA	56
บทที่ 5 การปรับปรุงประสิทธิภาพของวิธีการหาอาหารของแบคทีเรีย (Adaptive Bacterial Foraging Optimization Algorithm: ABFOA)	
5.1 การปรับปรุงระยะทางการเคลื่อนที่ (Step Size) ของแบคทีเรีย	57
5.2 การทดสอบปรับปรุงระยะทางการเคลื่อนที่ (Step size) ของแบคทีเรีย	57
5.3 การปรับปรุงระยะทางการเคลื่อนที่ (Step Size) ของแบคทีเรียที่ใช้ในวิทยานิพนธ์	70
5.4 การทดสอบหาขนาดและตำแหน่งติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก จำนวน 1 โรง ด้วยวิธีการ ABFOA กับระบบทดสอบ IEEE ขนาด 33 บัส	74
5.5 การทดสอบหาขนาดและตำแหน่งติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก จำนวน 2 โรง ด้วยวิธีการ ABFOA กับระบบทดสอบ IEEE ขนาด 33 บัส	78
5.6 การทดสอบใช้วิธีการ ABFOA หาขนาดและตำแหน่งติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก จำนวน 1 โรง กับระบบจำหน่ายการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ขนาด 331 บัส	82
5.7 การทดสอบใช้วิธีการ ABFOA หาขนาดและตำแหน่งติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก จำนวน 2 โรง กับระบบจำหน่ายการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ขนาด 331 บัส	87
บทที่ 6 สรุปและข้อเสนอแนะ	
6.1 สรุป	91
6.2 ข้อเสนอแนะ	93
เอกสารอ้างอิง	94

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก	
ก ข้อมูลระบบทดสอบ IEEE ขนาด 33 บัส	100
ข ข้อมูลระบบทดสอบการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ขนาด 331 บัส	103
ค ภาพข้อมูลระบบทดสอบการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ขนาด 331 บัส	118
ง การเผยแพร่ผลงานวิทยานิพนธ์	122
ประวัติผู้วิจัย	129

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	การคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบจำหน่ายเมื่อทำการติดตั้ง DG ขนาดต่างๆ ในไฟฟ้าแบบเรเดียล จำนวน 10 บัส	4
3.1	ค่าพารามิเตอร์ของวิธีการหาอาหารของแบคทีเรีย (BFOA) เพื่อหาขนาดและตำแหน่งติดตั้งที่เหมาะสมของโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก	24
3.2	เปรียบเทียบวิธีการหาขนาดและตำแหน่งติดตั้งของโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก ทดสอบกับระบบ IEEE ขนาด 33 บัส	25
4.1	การทดสอบเพื่อหาขนาดประชากรแบคทีเรีย (S)	28
4.2	การทดสอบเพื่อหาจำนวนรอบของการเคลื่อนที่ในขั้นตอนเคโมแทกซิส (N_c)	31
4.3	การทดสอบความยาวในการว่ายน้ำของแบคทีเรีย (N_s)	35
4.4	การทดสอบเพื่อหาจำนวนรอบของการสืบพันธุ์ (N_{re})	38
4.5	ผลการทดสอบเพื่อหาจำนวนรอบของการกำจัดและการแพร่กระจาย (N_{cd})	41
4.6	เปรียบเทียบผลการทดสอบการกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม ของวิธีการหาอาหารของแบคทีเรีย (BFOA)	44
4.7	การทดสอบค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของวิธีการ BFOA กับระบบทดสอบ 33 บัส	45
4.8	ค่า Loss sensitivity factors ของระบบ IEEE ขนาด 33 บัส	48
4.9	แรงดันไฟฟ้าจากคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าในสภาวะปกติ (Base case)	49
4.10	กำลังไฟฟ้าสูญเสียของสายจำหน่าย	50
4.11	ความแตกต่างของขนาดแรงดันไฟฟ้าที่บัสต้นทางและบัส	51
4.12	ความแตกต่างของมุมแรงดันไฟฟ้าที่บัสต้นทางและบัสปลายทาง	52
4.13	อัตราการเปลี่ยนแปลงของกำลังไฟฟ้าเทียบกับมุมของแรงดันไฟฟ้า	53
4.14	การทดสอบการใช้ Factor ค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียของสายจำหน่าย คัดเลือกกลุ่มคำตอบของตำแหน่งติดตั้งของ DG เบื้องต้นร่วมกับการหาค่าที่เหมาะสมด้วยวิธีการ BFOA	55
4.15	การทดสอบการคัดเลือกกลุ่มคำตอบที่เหมาะสมของ DG เบื้องต้น ร่วมกับวิธีการ BFOA เปรียบเทียบกับวิธีการ BFOA เดิม	56
5.1	การทดสอบการปรับปรุงระยะทางเคลื่อนที่ของแบคทีเรีย ที่เปลี่ยนแปลงตามจำนวนรอบของการเคลื่อนที่ในขั้นตอนเคโมแทกซิส ตามสมการ 5.1	58
5.2	การทดสอบการปรับปรุงระยะทางเคลื่อนที่ของแบคทีเรีย ที่เปลี่ยนแปลงตามจำนวนรอบของการเคลื่อนที่ในขั้นตอนเคโมแทกซิส ตามสมการ 5.2	60
5.3	การทดสอบการปรับปรุงระยะทางเคลื่อนที่ของแบคทีเรีย ที่เปลี่ยนแปลงตามจำนวนรอบของขั้นตอนการสืบพันธุ์ จำนวนรอบการกำจัดและการแพร่กระจาย ตามสมการ 5.3	61

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
5.4	การทดสอบการปรับปรุงระยะทางเคลื่อนที่ของแบคทีเรีย ที่เปลี่ยนแปลงตามค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์คือค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบ ตามสมการ 5.4	62
5.5	การทดสอบการปรับปรุงระยะทางเคลื่อนที่ของแบคทีเรีย ที่เปลี่ยนแปลงตามค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์คือค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบ ตามสมการ 5.5	63
5.6	การทดสอบการปรับปรุงระยะทางเคลื่อนที่ของแบคทีเรีย ที่เปลี่ยนแปลงตามค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์คือค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบ ตามสมการ 5.6	65
5.7	การทดสอบการปรับปรุงระยะทางเคลื่อนที่ของแบคทีเรีย ที่เปลี่ยนแปลงตามค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์คือค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบ ตามสมการ 5.7	66
5.8	การทดสอบการปรับปรุงระยะทางเคลื่อนที่ของแบคทีเรีย ที่เปลี่ยนแปลงตามค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์คือค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบ ตามสมการ 5.8	67
5.9	การทดสอบการปรับปรุงระยะทางเคลื่อนที่ของแบคทีเรีย ด้วยวิธีการ ABFOA แบบต่างๆ	68
5.10	การทดสอบการปรับปรุงระยะทางเคลื่อนที่ของแบคทีเรีย ด้วยวิธีการ ABFOA ตามสมการ 5.1 - 5.9	72
5.11	การทดสอบหาขนาดและตำแหน่งติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก จำนวน 1 โรง ด้วยวิธีการ ABFOA กับระบบทดสอบ IEEE ขนาด 33 บัส	75
5.12	การปรับปรุงแรงดันไฟฟ้าหลังเชื่อมต่อ DG ขนาด 2.5363 MW 1.7556 MVar ที่บัส 6 กับระบบทดสอบ IEEE ขนาด 33 บัส	76
5.13	เปรียบเทียบผลการทดสอบการปรับปรุงระยะทางเคลื่อนที่ของแบคทีเรียด้วย วิธีการ ABFOA กับวิธีการ BFOA เดิม กับระบบทดสอบ IEEE ขนาด 33 บัส	78
5.14	การทดสอบหาขนาดและตำแหน่งติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก จำนวน 2 โรง ด้วยวิธีการ ABFOA กับระบบทดสอบ IEEE ขนาด 33 บัส	79
5.15	การปรับปรุงแรงดันไฟฟ้าหลังเชื่อมต่อ DG ขนาด 0.9802 MW P.F. 0.885 ที่บัส 28 และ 1.5509 MW P.F. 0.867 ที่บัส 6 กับระบบทดสอบ IEEE ขนาด 33 บัส	80
5.16	เปรียบเทียบผลการทดสอบการเชื่อมต่อโรงไฟฟ้าจำนวน 1 และ 2 โรง กับระบบทดสอบ IEEE ขนาด 33 บัส	81
5.17	การทดสอบใช้วิธีการ ABFOA หาขนาดและตำแหน่งติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก จำนวน 1 โรง ที่ทำให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบจำหน่ายไฟฟ้ามีน้อยที่สุด กับระบบจำหน่ายการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ขนาด 331 บัส	83
5.18	ผลการทดสอบใช้วิธีการ ABFOA หาขนาดและตำแหน่งของโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก จำนวน 1 โรง กับระบบจำหน่ายการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคขนาด 331 บัส	84

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
5.19	การปรับปรุงแรงดันไฟฟ้าหลังเชื่อมต่อ DG กับระบบจำหน่ายของ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ขนาด 331 บัส	86
5.20	การทดสอบใช้วิธีการ ABFOA หาขนาดและตำแหน่งของโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก จำนวน 2 โรง กับระบบจำหน่ายการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคขนาด 331 บัส	88
5.21	เปรียบเทียบผลการทดสอบการเชื่อมต่อโรงไฟฟ้าจำนวน 1 และ 2 โรง กับระบบทดสอบ ขนาด 331 บัส	88
5.22	การปรับปรุงแรงดันไฟฟ้าหลังเชื่อมต่อโรงไฟฟ้าขนาดเล็กจำนวน 2 โรง กับระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ขนาด 331 บัส	90
ก.1	ข้อมูลโหลดและสายป้อนของแบบจำลองระบบ IEEE ขนาด 33 บัส	101
ข.1	ข้อมูลโหลดและสายป้อนของแบบจำลองระบบการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ขนาด 331 บัส	104

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 ระบบจำหน่ายไฟฟ้า กรณีที่ไม่มี DG เชื่อมต่อ	3
1.2 ระบบจำหน่ายไฟฟ้า กรณีที่มี DG เชื่อมต่อ	3
1.3 ภาพจำลองระบบจำหน่ายไฟฟ้าแบบเรเดียล จำนวน 10 บัส	4
1.4 แรงดันไฟฟ้า ก่อนและหลังติดตั้ง DG	5
2.1 ระบบจำหน่ายของ กฟฉ.2	14
2.2 ตัวอย่างข้อมูลภูมิศาสตร์สารสนเทศระบบไฟฟ้า (GIS)	15
2.3 ขั้นตอนวิธีการเตรียมระบบทดสอบ	17
3.1 กระบวนการค้นหาคำตอบด้วยวิธีการ BFOA เพื่อหาขนาดและตำแหน่งติดตั้งของโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก ที่ทำให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบมีค่าน้อยที่สุด	22
3.2 เปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าจากวิธีการหาคำตอบแต่ละวิธี	26
4.1 ระบบทดสอบ IEEE ขนาด 33 บัส	28
4.2 กำลังไฟฟ้าสูญเสียเฉลี่ยจากการหาคำตอบ 10 ครั้ง ของการทดสอบจำนวนประชากรแบบคทีเรีย	29
4.3 กำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ดีที่สุดจากการหาคำตอบ 10 ครั้ง ของการทดสอบจำนวนประชากรแบบคทีเรีย	29
4.4 จำนวนครั้งการเข้าใกล้คำตอบที่ดีที่สุดจากการหาคำตอบ 10 ครั้ง ของการทดสอบจำนวนประชากรแบบคทีเรีย	30
4.5 เวลาที่ใช้ในการหาคำตอบของการทดสอบจำนวนประชากรแบบคทีเรีย	30
4.6 กำลังไฟฟ้าสูญเสียเฉลี่ยจากการหาคำตอบ 10 ครั้ง ของการทดสอบจำนวนรอบของการเคลื่อนที่ในขั้นตอนเคโมแทกซิส	32
4.7 กำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ดีที่สุดจากการหาคำตอบ 10 ครั้ง ของการทดสอบจำนวนรอบของการเคลื่อนที่ในขั้นตอนเคโมแทกซิส	33
4.8 จำนวนครั้งการเข้าใกล้คำตอบที่ดีที่สุดจากการหาคำตอบ 10 ครั้ง ของการทดสอบจำนวนรอบของการเคลื่อนที่ในขั้นตอนเคโมแทกซิส	33
4.9 เวลาที่ใช้ในการหาคำตอบของการทดสอบจำนวนรอบของการเคลื่อนที่ ในขั้นตอนเคโมแทกซิส	34
4.10 กำลังไฟฟ้าสูญเสียเฉลี่ยจากการหาคำตอบ 10 ครั้ง ของการทดสอบความยาวในการว้ายของแบบคทีเรีย	35
4.11 กำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ดีที่สุดจากการหาคำตอบ 10 ครั้ง ของการทดสอบความยาวในการว้ายของแบบคทีเรีย	36
4.12 จำนวนครั้งการเข้าใกล้คำตอบที่ดีที่สุดจากการหาคำตอบ 10 ครั้ง ของการทดสอบความยาวในการว้ายของแบบคทีเรีย	36

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.13	เวลาที่ใช้ในการหาคำตอบของการทดสอบความยาวในการว่า่ยของแบคทีเรีย	37
4.14	กำลังไฟฟ้าสูญเสียเฉลี่ยจากการหาคำตอบ 10 ครั้ง ของการทดสอบจำนวนรอบของการสืบพันธุ์ของแบคทีเรีย	38
4.15	กำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ดีที่สุดจากการหาคำตอบ 10 ครั้ง ของการทดสอบจำนวนรอบของการสืบพันธุ์ของแบคทีเรีย	39
4.16	จำนวนครั้งการเข้าใกล้คำตอบที่ดีจากการหาคำตอบ 10 ครั้ง ของการทดสอบจำนวนรอบของการสืบพันธุ์ของแบคทีเรีย	39
4.17	เวลาที่ใช้ในการหาคำตอบของการทดสอบจำนวนรอบของการสืบพันธุ์ของแบคทีเรีย	40
4.18	กำลังไฟฟ้าสูญเสียเฉลี่ยจากการหาคำตอบ 10 ครั้ง ของการทดสอบจำนวนรอบของการกำจัดและการแพร่กระจาย	41
4.19	กำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ดีที่สุดจากการหาคำตอบ 10 ครั้ง ของการทดสอบจำนวนรอบของการกำจัดและการแพร่กระจาย	42
4.20	จำนวนครั้งการเข้าใกล้คำตอบที่ดีจากการหาคำตอบ 10 ครั้ง ของการทดสอบจำนวนรอบของการสืบพันธุ์ของแบคทีเรีย	42
4.21	เวลาที่ใช้ในการหาคำตอบของการทดสอบจำนวนรอบของการกำจัดและการแพร่กระจาย	43
4.22	ระบบจำหน่ายไฟฟ้า	47
5.1	กำลังไฟฟ้าสูญเสียเฉลี่ยจากการหาคำตอบ 10 ครั้ง ของการทดสอบการปรับปรุงระยะทางเคลื่อนที่ของแบคทีเรีย	68
5.2	กำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ดีที่สุดจากการหาคำตอบ 10 ครั้ง ของการทดสอบการปรับปรุงระยะทางเคลื่อนที่ของแบคทีเรีย	69
5.3	ค่าเฉลี่ยรอบที่ลู่อู่เข้าสู่คำตอบ ของการทดสอบการปรับปรุงระยะทางเคลื่อนที่ของแบคทีเรีย	69
5.4	ระยะทางเคลื่อนที่ของแบคทีเรียที่ใช้ในวิทยานิพนธ์	71
5.5	กำลังไฟฟ้าสูญเสียเฉลี่ยจากการหาคำตอบ 10 ครั้ง ของวิธีการ ABFOA ตามสมการ 5.1 -5.9	72
5.6	กำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ดีที่สุดจากการหาคำตอบ 10 ครั้ง ของวิธีการ ABFOA ตามสมการ 5.1 -5.9	73
5.7	ค่าเฉลี่ยรอบที่ลู่อู่เข้าสู่คำตอบของวิธีการ ABFOA ตามสมการ 5.1 -5.9	73
5.8	การลู่อู่เข้าสู่คำตอบของวิธีการ ABFOA จากการหาคำตอบครั้งที่ 2 ของตารางที่ 5.11	76
5.9	แรงดันไฟฟ้า ก่อนและหลังเชื่อมต่อ DG ขนาด 2.5363 MW 1.7556 MVar ที่บัส 6 ของระบบทดสอบ IEEE ขนาด 33 บัส	77

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
5.10	แรงดันไฟฟ้า ก่อนและหลังเชื่อมต่อ DG จำนวน 2 ตัว ขนาด 0.9802 MW P.F. 0.885 ที่บัส 28 และ 1.5509 MW P.F. 0.867 ที่บัส 6 กับระบบทดสอบ IEEE ขนาด 33 บัส	80
5.11	เปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้า หลังเชื่อมต่อโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก จำนวน 1 และ 2 โรง กับระบบทดสอบ IEEE ขนาด 33 บัส	82
5.12	ตำแหน่งติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็กที่เหมาะสม จำนวน 1 โรง ที่เชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ขนาด 331 บัส	85
5.13	แรงดันไฟฟ้า หลังเชื่อมต่อโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก จำนวน 1 โรง กับระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ขนาด 331 บัส	86
5.14	ตำแหน่งติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็กที่เหมาะสม จำนวน 2 โรง ที่เชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ขนาด 331 บัส	89
5.15	แรงดันไฟฟ้า หลังเชื่อมต่อโรงไฟฟ้าขนาดเล็กจำนวน 2 โรง กับระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ขนาด 331 บัส	90
ค.1	ระบบจำหน่ายการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ขนาด 331 บัส	119
ค.2	ตำแหน่งติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็กที่เหมาะสม จำนวน 1 โรง ที่เชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ขนาด 331 บัส	120
ค.3	ตำแหน่งติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็กที่เหมาะสม จำนวน 2 โรง ที่เชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ขนาด 331 บัส	121

คำอธิบายสัญลักษณ์และอักษรย่อ

สัญลักษณ์และอักษรย่อ	ความหมาย
A	ตำแหน่งของแบคทีเรีย
a	สัมประสิทธิ์การปรับค่าของระยะทางการเคลื่อนที่ในชั้นตอนเคโมแทกซิส
a_1^x	ค่า factor ของฟังก์ชันสมการเส้นตรง (linear function)
a_q^x	ค่า factor ของฟังก์ชันสมการยกกำลังสอง (quadratic function)
a_e^x	ค่า factor ฟังก์ชันสมการเอกซ์โพเนนเชียล (exponential function)
B	ตัวนับรอบของการเคลื่อนที่ในชั้นตอนเคโมแทกซิส
C(x)	ระยะทางในการเคลื่อนที่ของแบคทีเรีย (step size)
c	ตัวนับรอบของการเคลื่อนที่ในชั้นตอนเคโมแทกซิส
C_{max}	ระยะทางในการเคลื่อนที่สูงสุดของแบคทีเรีย
C_{min}	ระยะทางในการเคลื่อนที่ต่ำสุดของแบคทีเรีย
D.F	ตัวประกอบความต้องการไฟฟ้า (demand factor)
ell	ตัวนับรอบของการกำจัดและการกระจาย
I_{ij}	กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านบัส i และบัส j
i	บัส i
J	ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์
J _{best}	ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ดีที่สุด
j	บัส j
k	ตัวนับรอบของการสืบพันธุ์
L_{red}	ค่าเริ่มต้นของระยะทางการเคลื่อนที่ในชั้นตอนเคโมแทกซิส
m	ค่าคงที่ที่ใช้ควบคุมอัตราการลดลงของระยะทางการเคลื่อนที่ในชั้นตอนเคโมแทกซิส
N	จำนวนบัสในระบบ
N_c	จำนวนรอบของการเคลื่อนที่ในชั้นตอนเคโมแทกซิส (chemotaxis loop)
N_s	ความยาวในการว่ายน้ำ (length of a swim)
N_{re}	จำนวนรอบของการสืบพันธุ์ (reproduction loop)

คำอธิบายสัญลักษณ์และอักษรย่อ (ต่อ)

สัญลักษณ์และอักษรย่อ	ความหมาย
N_{ed}	จำนวนรอบของการกำจัดและการแพร่กระจาย (elimination and dispersal loop)
n	ดัชนีการปรับค่าของระยะทางการเคลื่อนที่ในขั้นตอนเคโมแทกซิส
P_i	กำลังไฟฟ้าจริงที่บัส i
P_j	กำลังไฟฟ้าจริงที่บัส j
P_L	กำลังไฟฟ้าสูญเสียจริง
P_{DG}	พิกัดการจ่ายกำลังไฟฟ้าจริงของ DG
PF_{DG}	ค่า power factor ของ DG
P_{ed}	ความเป็นไปได้ของการกำจัดและการแพร่กระจาย (probability of eliminate and disperse)
Q_i	กำลังไฟฟารีแอกทีฟที่บัส i
Q_j	กำลังไฟฟารีแอกทีฟที่บัส j
Q_L	กำลังไฟฟ้าสูญเสียรีแอกทีฟ
Q_{DG}	พิกัดการจ่ายกำลังไฟฟารีแอกทีฟของ DG
R_{ij}	ความต้านทานระหว่างบัส i และบัส j
S	จำนวนประชากรแบคทีเรีย
V_i	แรงดันไฟฟ้าที่บัส i
V_j	แรงดันไฟฟ้าที่บัส j
X_{ij}	ค่ารีแอกแตนซ์ระหว่างบัส i และบัส j
x	ประชากรแบคทีเรียตัวที่ 1,2,3,...,S
Y_{ij}	แอดมิตแตนเมตริกซ์ระหว่างบัส i และบัส j
θ_{ij}	มุมเฟสของ Y_{ij}
δ_i	มุมเฟสของ V_i
δ_j	มุมเฟสของ V_j
λ	ค่าคงที่ (มีค่าเป็นบวก)

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การพัฒนาาระบบจำหน่ายไฟฟ้าให้สามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าเพื่อตอบสนองความต้องการ ใช้พลังงานไฟฟ้าภายในประเทศที่เพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ นั้น จำเป็นต้องมีการวางแผนจัดหาพลังงานไฟฟ้าให้เพียงพอต่อความต้องการ แต่ในการสร้างโรงไฟฟ้าขนาดใหญ่จำเป็นต้องใช้พื้นที่มาก และต้องใช้งบประมาณในการลงทุนสูง ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงมีการสร้างโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก หรือผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก (Distributed Generation: DG หรือ Very Small Power producer: VSPP) ซึ่งต่อไปจะเรียกว่า DG มาเชื่อมต่อในระบบจำหน่ายไฟฟ้า

ระบบจำหน่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) ได้มีการเชื่อมต่อโรงไฟฟ้าขนาดเล็กเพิ่มมากขึ้นทุกวัน เนื่องจากนโยบายของรัฐบาลให้การส่งเสริมให้มีการรับซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กโดยใช้พลังงานจาก แกลบ ชานอ้อย หรือเศษวัสดุเหลือใช้มาเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า เพื่อลดภาระด้านการลงทุนของรัฐในการผลิตและจำหน่ายพลังงานไฟฟ้า ช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยรัฐบาลมีนโยบายส่งเสริมให้มีการรับซื้อพลังงานไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชน โดยให้การไฟฟ้าส่วนภูมิภาครับซื้อพลังงานไฟฟ้าจาก VSPP ที่ผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน ซึ่งเป็นพลังงานเชื้อเพลิงที่มีอยู่ตามธรรมชาติ เมื่อใช้แล้วหมดไปและสามารถผลิตทดแทนใหม่ได้ในระยะเวลาอันสั้น ได้แก่ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานชีวมวล เป็นต้น และระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม (Cogeneration) ไม่เกิน 8 MW และกำหนดส่วนเพิ่มราคาซื้อไฟฟ้า (ADDER) ให้ VSPP ตามเทคโนโลยีหรือเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้า ปัจจุบันส่งเสริมราคาซื้อในรูปแบบ Feed-in Tariff (FIT) [1] เป็นราคาซื้อไฟฟ้า ที่ไม่แปรผันตามค่า Ft ผู้ประกอบการจะได้ราคาซื้อคงที่ตลอดอายุสัญญา 20 หรือ 25 ปี (ตามแต่ประเภทพลังงานหมุนเวียน) ทำให้มี VSPP จำนวนมากขออนุญาตจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าขนานเข้าระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ซึ่งปัจจุบันขนาดและตำแหน่งของโรงไฟฟ้าขนาดเล็กถูกกำหนดโดยผู้ผลิตเอง และมักจะอยู่ใกล้กับแหล่งของพลังงานเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าเป็นหลัก แต่อาจไม่สอดคล้องกับความต้องการใช้โหลดของการไฟฟ้า ทำให้ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของพลังงานไฟฟ้าโดยรวมของระบบ

โรงไฟฟ้าชีวมวล เป็นหนึ่งในแหล่งพลังงานหมุนเวียนที่น่าสนใจในประเทศไทย การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากชีวมวล (Biomass) จะใช้ผลผลิตที่เหลือทิ้งจากการเกษตรทั้งพืชและสัตว์มาใช้เป็นเชื้อเพลิง ในกระบวนการผลิตพลังงานไฟฟ้า สามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายของภาครัฐในการก่อสร้างโรงไฟฟ้าขนาดใหญ่ เนื่องจากโรงไฟฟ้าชีวมวลมีขนาดเล็ก และเชื้อเพลิงชีวมวลก็ได้มาจากภาคอุตสาหกรรมและภาคเกษตรกรรม ซึ่งชีวมวลเหล่านี้เป็นแหล่งพลังงานเชื้อเพลิงที่ไม่มีวันหมดอายุ เพราะวงจรการผลิตชีวมวลมีระยะเวลาสั้น ต่างจากน้ำมันหรือถ่านหินที่ต้องอาศัยการทับถมเป็นระยะเวลาหลายล้านปี นอกจากนี้ชีวมวลยังสามารถผลิตได้จากภายในประเทศ ทำให้เกษตรกรยังจะมีรายได้จากการจำหน่ายชีวมวลแก่ผู้ผลิตพลังงานไฟฟ้าขนาดเล็ก อีกทั้งการมีโรงไฟฟ้าชีวมวลยังช่วยลดการนำเข้าพลังงานจาก

ต่างประเทศได้อีกด้วย แนวความคิดในการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลแบบกระจายก็เพื่อส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าแก่ผู้บริโภคได้อย่างทั่วถึง ทำให้ภาครัฐมีการสนับสนุนการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลมากยิ่งขึ้น [2]

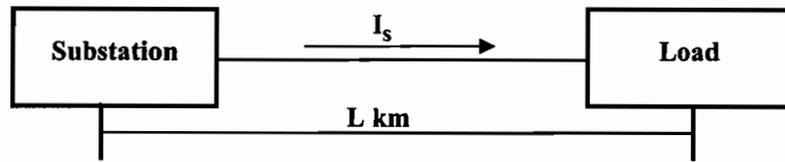
โดยปกติระบบจำหน่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) เป็นระบบจำหน่ายแบบเรเดียล กำลังไฟฟ้าจะไหลจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าไปยังโหลดในทิศทางเดียว แต่เมื่อมี DG เชื่อมเข้ามาในระบบจำหน่ายไฟฟ้า จะส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของกำลังไฟฟ้าในระบบทั้งขนาดกำลังไฟฟ้าในสายป้อนและทิศทางการไหลของกำลังไฟฟ้า การเปลี่ยนแปลงการไหลของกำลังไฟฟ้างกล่าวนี้ ส่งผลกระทบทางด้านเทคนิคต่อระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค [3] ได้แก่ กำลังไฟฟ้าสูญเสีย (Power Losses) ระดับแรงดันไฟฟ้า กระแสฟอลต์ การตั้งค่าอุปกรณ์ป้องกัน ซึ่งความรุนแรงของผลกระทบต่อระบบจำหน่ายนั้น ขึ้นอยู่กับชนิดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ขนาดและตำแหน่งของ DG รวมถึงภาวะโหลดในวงจรมันๆด้วย

การแก้ปัญหาเกี่ยวกับการหาขนาดและตำแหน่งของ DG ที่เหมาะสมนั้นเป็นปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่มีความซับซ้อน และมีลักษณะความสัมพันธ์แบบไม่เป็นเชิงเส้น ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอวิธีการหาอาหารของแบคทีเรีย (Bacterial Foraging Optimization Algorithm หรือ BFOA) ที่นำมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบจำหน่ายไฟฟ้า (Minimize Power Loss) พิจารณาภายใต้เงื่อนไขข้อจำกัดที่ประกอบไปด้วย แรงดันไฟฟ้าที่บัสต้องอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (Bus Voltage Limits) พิกัดกำลังไฟฟ้าของสาย (Line Flow Limits) ข้อจำกัดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (generation power limits) และสมดุลกำลังไฟฟ้า (system power balance)

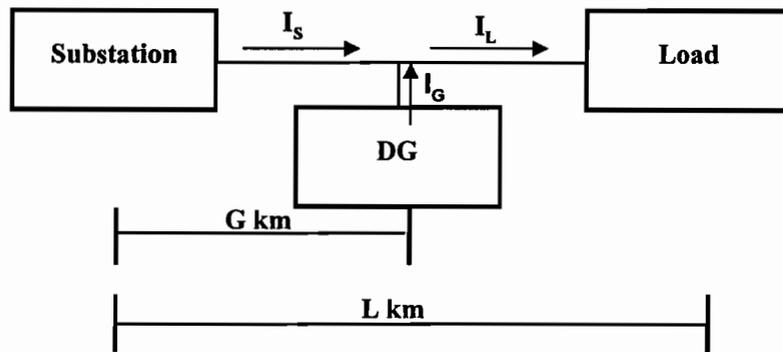
เพื่อให้ทราบถึงผลที่ได้จากการเชื่อมต่อ DG กับระบบจำหน่ายไฟฟ้า ผู้วิจัยจึงได้มีการศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับขนาดและตำแหน่งของ DG ที่ส่งผลต่อกำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบ โดยทดสอบกับระบบจำหน่ายไฟฟ้าแบบเรเดียล จำนวน 10 บัส เพื่อทดสอบผลกระทบของการมี DG เชื่อมต่ออยู่ในระบบจำหน่าย ทำการทดลองติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบซิงโครนัส ขนาดต่างๆ ติดตั้งในระบบจำหน่ายวงจรถดสอบ เพื่อศึกษาผลกระทบที่เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของค่าแรงดันไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบ

1.2 การศึกษาเบื้องต้น

ทำการศึกษาวเคราะห์การไหลของกำลังไฟฟ้าในระบบเพื่อเปรียบเทียบผลกระทบของ DG ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าสูญเสีย และระดับแรงดันไฟฟ้า ในกรณีที่ไม่มี DG เชื่อมต่ออยู่ในระบบจำหน่าย กระแสไฟฟ้า I_s ไหลในทิศทางเดียวคือจากแหล่งจ่ายไปหาโหลด ตามภาพที่ 1.1 และกรณีเมื่อมี DG เชื่อมต่ออยู่กับระบบจำหน่ายไฟฟ้า ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของการไหลของกระแสไฟฟ้าทั้งขนาดและทิศทาง จึงอาจส่งผลโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าสูญเสีย และระดับแรงดันไฟฟ้า ตามภาพที่ 1.2



ภาพที่ 1.1 ระบบจำหน่ายไฟฟ้า กรณีที่ไม่มี DG เชื่อมต่อ



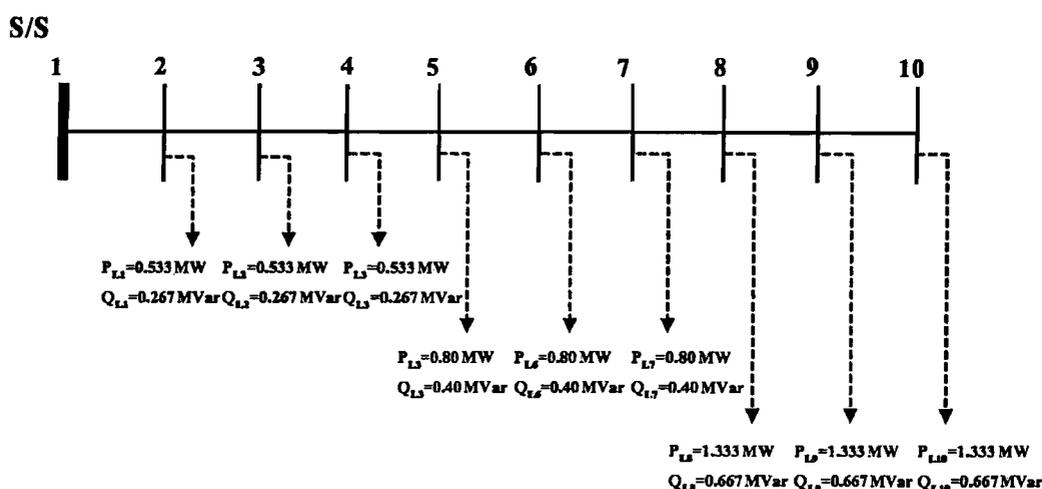
ภาพที่ 1.2 ระบบจำหน่ายไฟฟ้า กรณีที่มี DG เชื่อมต่อ

1.2.1 การศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบของการเชื่อมต่อโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก

การศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบของการเชื่อมต่อโรงไฟฟ้าขนาดเล็กที่เกี่ยวข้องกับกำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบ และผลกระทบเกี่ยวกับระดับแรงดันไฟฟ้า ทำการทดสอบโดยทดลองขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบซิงโครนัส (Synchronous Generator) ขนาดต่างๆ 8 ขนาด คือ 1MW, 2MW, 3MW, 4MW, 5MW, 6MW, 7MW, 8MW โดยเลือกตำแหน่งติดตั้ง DG จำนวน 9 จุด เข้ากับระบบจำหน่ายไฟฟ้าแบบเรเดียล ขนาด 10 บัส

1.2.2 ข้อมูลระบบทดสอบ

ข้อมูลระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่ใช้เป็นกรณีศึกษาเป็นระบบจำหน่ายไฟฟ้าแบบเรเดียล จำนวน 10 บัส 9 กิ่ง ค่าอิมพีแดนซ์ของสายไฟฟ้าแต่ละกิ่งมีค่าเท่ากัน โหลดติดตั้งรวมทั้งระบบมีค่าเท่ากับ 8 MW 4 MVar บัสอ้างอิง คือ บัส 1 และกำหนดให้ Base MVA = 100 Base kV = 22 kV ข้อมูลสายจะเป็นค่าความต้านทานและค่ารีแอกแตนซ์ของสายเป็นระบบเปอร์ยูนิท (Per unit) มีค่าเท่ากับ $0.13574 + j0.185073$ p.u. ดังภาพที่ 1.3



ภาพที่ 1.3 ภาพจำลองระบบจำหน่ายไฟฟ้าแบบเรเดียล ขนาด 10 บัส

1.2.3 ผลการทดสอบการศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบของการเชื่อมต่อโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก

วิเคราะห์การไหลของกำลังไฟฟ้าด้วยโปรแกรม MATPOWER 3.2 พบว่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบในสภาวะปกติ (Base Case) กรณีที่ไม่มี DG เชื่อมต่อ มีค่าเท่ากับ 582.24 kW และกรณีที่มี DG ขนาดต่างๆ คือ 1MW, 2MW, 3MW, 4MW, 5MW, 6MW, 7MW, 8MW เชื่อมต่อในตำแหน่งบัสที่ 2-10 พบว่ากรณีที่มี DG เชื่อมต่ออยู่ในระบบจำหน่ายไฟฟ้าจะช่วยให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบมีค่าน้อยกว่ากรณีที่ไม่มี DG แต่จะมีค่ามากหรือน้อยนั้นก็ขึ้นอยู่กับขนาดและตำแหน่งที่ตั้ง โดยพบว่า DG ขนาดเดียวกันแต่ติดตั้งคนละตำแหน่ง กำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบก็มีค่าแตกต่างกัน และการติดตั้ง DG ที่ตำแหน่งเดียวกันแต่ขนาดของ DG ไม่เท่ากัน กำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบก็มีค่าแตกต่างกัน ซึ่งจากการทดสอบพบว่า DG ขนาด 6 MW เชื่อมต่อที่บัส 8 ทำให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบมีค่าน้อยที่สุด เท่ากับ 136.32 MW และกำลังไฟฟ้าสูญเสียลดลงจากกรณีที่ไม่มี DG เชื่อมต่ออยู่ เท่ากับ 445 MW หรือลดลงคิดเป็น 76.59 เปอร์เซ็นต์ มีผลการทดสอบตามตารางที่ 1.1

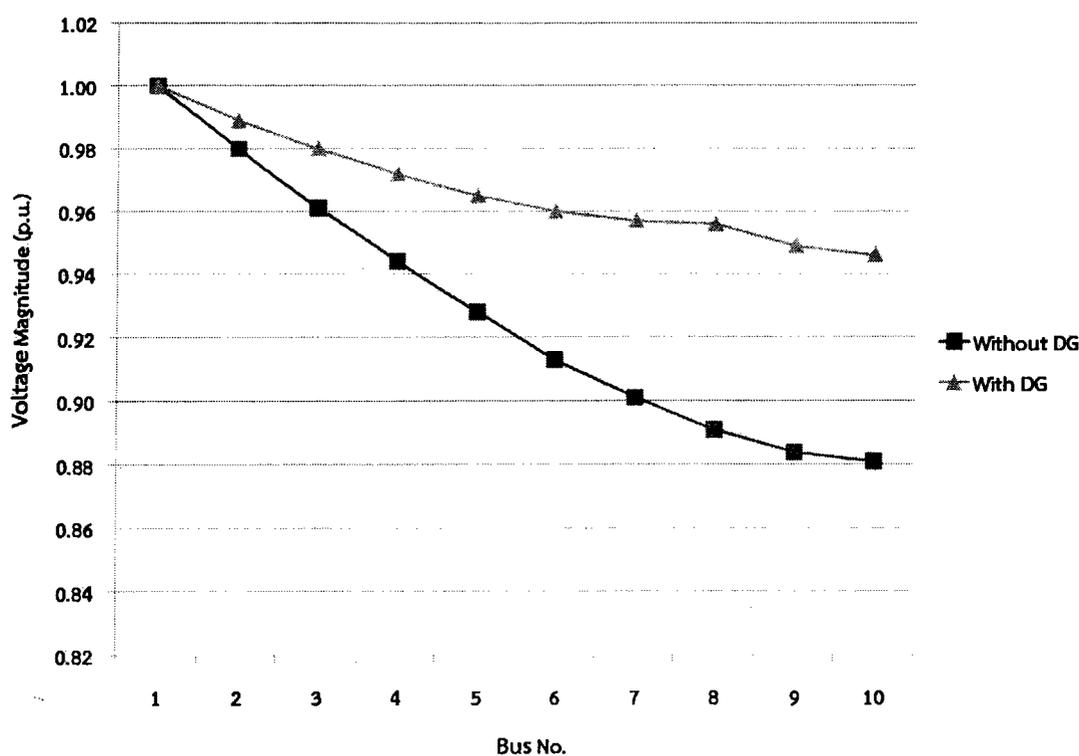
ตารางที่ 1.1 การคำนวณกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบจำหน่ายเมื่อทำการติดตั้ง DG ขนาดต่างๆ ในระบบทดสอบ ขนาด 10 บัส

บัส	กำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบจำหน่าย (kW)								
	No DG	1 MW	2 MW	3 MW	4 MW	5 MW	6 MW	7 MW	8 MW
2	582.24	558.69	538.01	520.15	505.10	492.82	483.31	476.54	472.47
3	582.24	535.66	495.30	461.02	432.72	410.29	393.62	382.62	377.18
4	582.24	513.37	454.57	405.52	365.93	335.53	314.06	301.30	297.01

ตารางที่ 1.1 การคำนวณกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบจำหน่ายเมื่อทำการติดตั้ง DG ขนาดต่างๆ
ในระบบทดสอบ ขนาด 10 บัส (ต่อ)

บัส	กำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบจำหน่าย (kW)								
	Without DG	1 MW	2 MW	3 MW	4 MW	5 MW	6 MW	7 MW	8 MW
5	582.24	492.05	416.26	354.23	305.40	269.25	245.30	233.10	232.26
6	582.24	472.89	382.63	310.39	255.20	216.21	192.64	183.81	189.10
7	582.24	456.20	354.21	274.59	215.89	176.84	156.33	153.39	167.14
8	582.24	442.27	331.43	247.30	187.84	151.35	136.32	141.48	165.72
9	582.24	433.49	318.64	234.50	178.45	148.30	142.22	158.64	196.23
10	582.24	430.08	316.06	236.26	187.49	167.17	173.14	203.60	257.04

เปรียบเทียบระดับแรงดันไฟฟ้าก่อนและหลังติดตั้ง DG ในระบบจำหน่ายแบบเรเดียล
ขนาด 10 บัส พบว่าหลังการติดตั้ง DG ขนาด 6 MW ที่บัส 8 สามารถช่วยในการปรับปรุง
ค่าแรงดันไฟฟ้าของระบบให้ดีขึ้น ตามภาพที่ 1.4



ภาพที่ 1.4 แรงดันไฟฟ้า ก่อนและหลังติดตั้ง DG

จากการศึกษาข้างต้นพบว่า การเชื่อมต่อ DG ในระบบจำหน่ายส่งผลกระทบต่อ
เปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าในระบบทั้งขนาดและทิศทางกระแสของกำลังไฟฟ้า ค่าแรงดันไฟฟ้า และ

กำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบ ซึ่ง DG ที่มีขนาดและติดตั้งในตำแหน่งที่เหมาะสมจะช่วยลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบได้ และสามารถช่วยปรับปรุงค่าแรงดันไฟฟ้าให้ดีขึ้น การแก้ปัญหาการหาขนาดและตำแหน่งที่เหมาะสมในการติดตั้ง DG นั้น สามารถใช้วิธีการค้นหาคำตอบได้หลายวิธี องค์ประกอบที่ต้องนำมาพิจารณาร่วมกับปัญหาก็มีหลายอย่าง อาทิเช่น ชนิดของ DG ความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด ข้อจำกัดในการจ่ายกำลังไฟฟ้าของ DG และข้อจำกัดของระบบ

จากความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยได้ตระหนักถึงผลกระทบเกี่ยวกับปัญหาการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กที่ส่งผลต่อกำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบ จึงได้สนใจทำการศึกษาหาขนาดและจุดติดตั้งที่เหมาะสมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กที่เชื่อมกับระบบจำหน่ายไฟฟ้าเพื่อช่วยลดกำลังไฟฟ้าสูญเสีย (Losses) ในระบบ ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะใช้วิธีการค้นหาอาหารของแบคทีเรีย (Bacterial Foraging Optimization Algorithm หรือ BFOA) ช่วยในการหาคำตอบ ทำการวิเคราะห์การไหลของกำลังไฟฟ้าที่เหมาะสมที่สุด (Optimal Power Flow: OPF) โดยใช้โปรแกรม MATPOWER 3.2 โดยพิจารณาภายใต้ข้อกำหนดและเงื่อนไขในการเชื่อมต่อโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก ของ กฟภ. ทำการศึกษาโดยใช้ข้อมูลจากระบบภูมิสารสนเทศระบบไฟฟ้า GIS ของ กฟภ.2 เป็นกรณีศึกษา โดยตัวอย่างผลที่ได้จากงานวิจัยนี้เพื่อมุ่งเน้นปรับปรุงหลักเกณฑ์การพิจารณาการรับเชื่อมโยงผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กเข้ากับระบบจำหน่ายของ กฟภ. ให้เหมาะสม

1.3 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์

1.3.1 เพื่อพิจารณาขนาดและตำแหน่งติดตั้งของโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก (Distributed Generator หรือ DG) ในระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่เหมาะสมที่สุด แบบมีฟังก์ชันวัตถุประสงค์ เพื่อให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบจำหน่ายมีค่าน้อยที่สุด

1.3.2 เพื่อใช้ข้อมูลสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (Geographic Information System หรือ GIS) ของระบบจำหน่ายไฟฟ้าจริงในการจำลองระบบและนำมาวิเคราะห์ระบบจำหน่ายไฟฟ้า

1.3.3 เพื่อศึกษาวิธีการ (Bacterial Foraging Optimization Algorithm หรือ BFOA) และนำวิธีการดังกล่าวมาใช้แก้ปัญหาการหาตำแหน่งติดตั้ง DG ที่เหมาะสมในระบบจำหน่ายไฟฟ้าจริง

1.3.4 นำเสนอวิธีการคัดเลือกกลุ่มคำตอบของตำแหน่งติดตั้ง DG เบื้องต้น เพื่อลดขอบเขตของคำตอบที่เป็นไปได้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ใช้เป็นแนวทางในการพิจารณาพื้นที่ที่เหมาะสมที่จะทำการเชื่อมต่อโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก (Distributed Generator หรือ DG) ในระบบจำหน่ายของ กฟภ. โดยมีวิธีพิจารณาหาจุดที่เหมาะสมตามหลักวิชาการ และเชิงปฏิบัติ

1.4.2 นำวิธีการที่ทำการศึกษาค้นคว้าเพื่อเป็นแนวทางในการพิจารณากำหนดจุดติดตั้ง DG ให้แก่ผู้ที่สนใจ

1.4.3 นำข้อมูลภูมิสารสนเทศระบบไฟฟ้า GIS มาใช้ให้เกิดประโยชน์มากที่สุด

1.4.4 ปรับปรุงหลักเกณฑ์การพิจารณาการรับเชื่อมโยงผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก

1.5 ขอบเขตของงานวิจัย

1.5.1 ใช้ระบบจำหน่ายของ กฟผ.2 เป็นกรณีศึกษาในวิทยานิพนธ์

1.5.2 ใช้ข้อมูลภูมิสารสนเทศระบบไฟฟ้า (Geographic Information System หรือ GIS) ของ กฟผ.2 มาจำลองระบบจำหน่ายเพื่อใช้เป็นกรณีศึกษาในวิทยานิพนธ์

1.5.3 พิจารณาข้อจำกัด (Constraint) ได้แก่ ข้อจำกัดการควบคุมค่าแรงดันไฟฟ้า (Voltage Regulation) และพิกัดการจ่ายกำลังไฟฟ้าของ DG

1.6 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้

1.6.1 คอมพิวเตอร์ Personal Computer Intel(R) Core(TM) i7-3370 CPU @ 3.4 GHz
3.39 GHz 3.48 GB of RAM

1.6.2 โปรแกรมคำนวณทางคณิตศาสตร์ Matrix Laboratory (MATLAB)

1.6.3 โปรแกรมคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้า Matpower 3.2

1.7 เนื้อหาของวิทยานิพนธ์

เนื้อหาของวิทยานิพนธ์ได้เรียบเรียงตามความเหมาะสม ดังนี้

บทที่ 2 กล่าวถึงการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โรงไฟฟ้าขนาดเล็ก (Distributed Generator หรือ DG) ข้อกำหนดในการเชื่อมต่อโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก วิธีการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้า ข้อมูลระบบจำหน่ายไฟฟ้าของ กฟผ.2 ข้อมูลภูมิสารสนเทศระบบไฟฟ้า (Geographic Information System หรือ GIS) และการจัดเตรียมระบบทดสอบ

บทที่ 3 กล่าวถึงวิธีการหาอาหารของแบคทีเรีย (Bacterial Foraging Optimization Algorithm หรือ BFOA) ซึ่งเป็นวิธีการที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ที่ได้ประยุกต์ใช้เพื่อแก้ปัญหาการหาขนาดและตำแหน่งของโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก ที่ทำให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบมีค่าน้อยที่สุด

บทที่ 4 กล่าวถึงการทดสอบการทดสอบหาค่าพารามิเตอร์ของวิธีการ BFOA ที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการหาขนาดและตำแหน่งติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก วิธีการคัดเลือกกลุ่มคำตอบเบื้องต้นด้วยวิธีการหาค่า factor แบบต่างๆ เพื่อใช้เป็นคำตอบของตำแหน่งติดตั้ง DG เบื้องต้น คำนวณหาคำตอบด้วยวิธีการ BFOA

บทที่ 5 กล่าวถึงวิธีการปรับปรุงระยะทางการเคลื่อนที่ (Step Size) ของแบคทีเรียเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการค้นหาคำตอบของวิธีการ BFOA พร้อมทั้งตัวอย่างการหาขนาดและตำแหน่งติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็กด้วยวิธีการหาอาหารของแบคทีเรีย (BFOA) ด้วยระบบทดสอบ IEEE ขนาด 33 บัส และระบบทดสอบจำหน่ายการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เขต 2 (กฟผ.2) ขนาด 331 บัส

บทที่ 6 กล่าวถึงการสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

บทที่ 2

ข้อมูลพื้นฐานและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการหาขนาดและตำแหน่งที่เหมาะสมของโรงไฟฟ้าขนาดเล็กจากงานวิจัยที่ผ่านมาในอดีต เพื่อนำความรู้ที่ได้จากการศึกษามากำหนดปัญหาและแนวทางแก้ไขปัญหาที่จะใช้ในวิทยานิพนธ์นี้ และในวิทยานิพนธ์จะใช้ระบบจำหน่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เขต 2 ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (กฟผ.2) มาเป็นระบบทดสอบ โดยใช้ข้อมูลระบบจำหน่ายจากฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศระบบไฟฟ้า GIS ในการทดสอบจะพิจารณาถึงข้อจำกัดในการเชื่อมต่อโรงไฟฟ้าขนาดเล็กมาก มีรายละเอียดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องดังนี้

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากงานวิจัยที่ผ่านมาในอดีต มีผู้สนใจศึกษาเกี่ยวกับการแก้ปัญหาการหาขนาดและตำแหน่งที่เหมาะสมของโรงไฟฟ้าขนาดเล็กโดยมีวัตถุประสงค์แตกต่างกัน ได้แก่ การปรับปรุงความน่าเชื่อถือของระบบไฟฟ้าเพื่อลดระยะเวลาไฟดับ (SAIDI) [4] หาพิกัดการจ่ายกำลังไฟฟ้าสูงสุดของ DG [5] ลดพลังงานไฟฟ้าสูญเสียในระบบ [6] ลดการเบี่ยงเบนของแรงดันไฟฟ้า [7] ลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบ [8, 9, 10, 11, 12] และเพื่อปรับปรุงแรงดันไฟฟ้าให้อยู่ในเกณฑ์ขอบเขตของแรงดันไฟฟ้าที่กำหนด [13] เห็นได้ว่าผู้วิจัยส่วนใหญ่มุ่งเน้นศึกษาเกี่ยวกับการหาขนาดและตำแหน่งที่เหมาะสมของ DG ที่มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบ และปัญหาดังกล่าวเป็นปัญหาที่มีความซับซ้อน ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขข้อจำกัดและความซับซ้อนของระบบนั้นๆ ดังนั้นจึงต้องมีเครื่องมือช่วยในการแก้ปัญหาสามารถช่วยในการหาคำตอบได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การแก้ปัญหาการหาขนาดและตำแหน่งที่เหมาะสมของโรงไฟฟ้าขนาดเล็กนั้น มีวิธีการหาคำตอบและเงื่อนไขข้อจำกัดที่นำมาพิจารณา โดยวิธีการ Fuzzy - Genetic Algorithm Method [13] ถูกนำมาใช้เพื่อหาตำแหน่งในการติดตั้งที่เหมาะสมของ DG ที่ทำให้มูลค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบจำหน่ายมีค่าน้อยที่สุด โดยพิจารณาภายใต้เงื่อนไขข้อจำกัดจำนวน DG พิกัดการจ่ายกำลังไฟฟ้าของ DG และแรงดันที่บัสให้อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด การหาคำตอบโดยใช้วิธีแบบตาบู่ (Tabu search) [14] หาตำแหน่งในการติดตั้งที่เหมาะสมของ DG ที่ทำให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบจำหน่ายมีค่าน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการ Simulated Annealing (SA) พบว่าวิธีการหาคำตอบแบบตาบู่หาคำตอบที่ดีกว่า วิธีการ Analytical method [15] สามารถใช้เพื่อหาขนาดและจุดติดตั้งที่เหมาะสมของ DG ที่ทำให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบมีค่าน้อยที่สุด ทดสอบกับระบบจำหน่ายแบบเรเดียลที่มีลักษณะโหลดแตกต่างกันคือ โหลดกระจายแบบเฉลี่ย โหลดส่วนใหญ่อยู่บริเวณกึ่งกลางสาย โหลดมีลักษณะค่อยๆ เพิ่มสูงขึ้นและมีมากบริเวณปลายสาย พบว่าขนาดและจุดติดตั้งที่เหมาะสมของ DG มีค่าแตกต่างกันไปตามลักษณะโหลด

วิธีการ Exhaustive load flows, Loss sensitivity method และวิธีการ Analytical method [16] ถูกนำมาใช้เพื่อหาขนาดและตำแหน่งติดตั้ง DG ที่ทำให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียมีค่าน้อยที่สุด

ซึ่งสามารถใช้วิธีการ Loss sensitivity method (LSF) หาทั้งขนาดและตำแหน่งติดตั้ง DG หรือใช้เพื่อหาเฉพาะตำแหน่งติดตั้ง DG และใช้วิธีการ Analytical method หาขนาดของ DG ที่เหมาะสม ที่ทำให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียมีค่าน้อยที่สุด พบว่าวิธีการ LSF อาจไม่ใช่วิธีการที่ดีที่สุดที่ใช้ในการหาตำแหน่งติดตั้ง DG ที่เหมาะสม และวิธีการ Analytical method [17] สามารถใช้เพื่อหาขนาดและตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (Power Factor: P.F.) ของ DG ที่เหมาะสม เพื่อลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบทดสอบโดยใช้ DG ที่มีคุณลักษณะแตกต่างกัน 4 ชนิด คือ DG ที่จ่ายเฉพาะกำลังไฟฟ้าจริง DG ที่จ่ายเฉพาะกำลังไฟฟ้าเสมือน DG ที่จ่ายทั้งกำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้าเสมือน DG ที่จ่ายกำลังไฟฟ้าจริงแต่รับกำลังไฟฟ้าเสมือน พบว่า DG ที่สามารถจ่ายได้ทั้งกำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้าเสมือน ทำให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบมีค่าน้อยที่สุด

วิธีการ Bacterial Foraging Algorithm (BFA) เป็นวิธีการใหม่ ใช้เทคนิคในการจับเหยื่อของแบคทีเรียมาช่วยในการจัดสายป้อนที่เหมาะสม [18] ที่ทำให้มูลค่ากำลังสูญเสียของระบบมีค่าน้อยที่สุด โดยเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่นๆ คือ Genetic Algorithm (GA), Ant Colony Method (ACS) และ Simulated Annealing (SA) พบว่าวิธีการ BFA สามารถเข้าสู่ค่าตอบได้เร็วกว่าวิธีอื่นๆ

จากงานวิจัยที่ผ่านมาได้มีการศึกษาโดยอาศัยแนวคิดการใช้ค่าปัจจัย (factor) เพื่อปรับปรุงวิธีการหาคำตอบเพื่อแก้ปัญหาการหาขนาดและตำแหน่งที่เหมาะสมของโรงไฟฟ้าขนาดเล็กให้มีประสิทธิภาพการค้นหาคำตอบให้ดีขึ้น โดยใช้ค่า factor เพื่อหาตำแหน่งติดตั้ง DG วิธีการ Analytical Methods ถูกนำมาใช้ร่วมกับวิธีการ Rule of Thumb [19] คือ กฎ $2/3$ เพื่อหาขนาดและตำแหน่งติดตั้งของ DG ที่ทำให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบจำหน่ายมีค่าน้อยที่สุด ซึ่งเป็นวิธีการที่เหมาะสมสำหรับโหลดที่มีรูปแบบการกระจายเป็นแบบยูนิฟอร์ม จากวิธีการดังกล่าวพบว่าควรติดตั้ง DG ที่มีขนาดประมาณ $2/3$ หรือ 67 เปอร์เซ็นต์ ของกำลังไฟฟ้าทั้งหมดที่จ่ายจากสถานีไฟฟ้าต้นทาง ติดตั้งในตำแหน่งประมาณ $2/3$ ของระบบแบบเรเดียล แต่การใช้กฎนี้ไม่ได้พิจารณาถึงข้อจำกัดของพิกัดสาย และวิธีการนี้ไม่เหมาะกับระบบที่ไม่เป็นแบบยูนิฟอร์มโหลด

การนำปัจจัยกำลังไฟฟ้าสูญเสีย Loss Sensitivity Factors (LSF) มาช่วยในการค้นหาคำตอบโดยใช้การคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าในสภาวะปกติ (Base Case) มาคำนวณหาค่า LSF และนำค่าที่คำนวณได้มาช่วยในการจัดเรียงความสำคัญของบัสที่เป็นคำตอบใหม่ กลุ่มของบัสที่มีค่า LSF มากจะถูกนำมาพิจารณาเป็นตำแหน่งบัสคำตอบ การแก้ปัญหาด้วยวิธีการนี้อยู่บนพื้นฐานการแก้ปัญหาสมการที่ไม่เป็นเชิงเส้น สามารถลดขอบเขตของคำตอบที่ต้องการค้นหา ซึ่งวิธีการดังกล่าวนิยมใช้เพื่อหาตำแหน่งของคาปาซิเตอร์ [20] ประยุกต์ใช้วิธีการ LSF ร่วมกับวิธีการอื่นๆ ได้แก่ วิธีการหาอาหารของฝูงนก (Particle Swarm Optimization หรือ PSO) [21] วิธีการ Plant Growth Simulation Algorithm (PGSA) [22]

วิธีการหาอาหารของแบคทีเรีย Bacterial Foraging Algorithm (BFA) [23] สามารถใช้แก้ปัญหาสมการฟังก์ชันหลายวัตถุประสงค์ เพื่อให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบมีค่าน้อยที่สุด และช่วยปรับปรุงแรงดันไฟฟ้าของระบบให้ดีขึ้น โดยใช้วิธีการ LSF คัดเลือกกลุ่มบัสที่เป็นจุดติดตั้งที่เหมาะสมของคาปาซิเตอร์ และใช้วิธีการ BFA หาขนาดที่เหมาะสมของคาปาซิเตอร์ที่ทำให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบมีค่าน้อยที่สุด และเพื่อช่วยปรับปรุงแรงดันไฟฟ้าของระบบให้ดีขึ้น สามารถใช้วิธีการ

LSF คัดเลือกกลุ่มบัสที่เป็นจุดติดตั้งที่เหมาะสมของ DG และวิธีการ Successive sizing method และ Particel Swarm Optimizatoin algorithm หาขนาด DG [24]

วิธีการ AC sensitivity factors ถูกนำมาใช้ในการแก้ปัญหาการหาจุดติดตั้ง DSTATCOMs เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการจ่ายกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟและปรับปรุงแรงดันไฟฟ้าร่วมกับโรงไฟฟ้าพลังงานลม [25] ซึ่งวิธีการ AC sensitivity factors ใช้การพิจารณาจากอัตราการเปลี่ยนแปลงของขนาดแรงดันไฟฟ้าที่ส่งผลโดยตรงต่ออัตราการเปลี่ยนแปลงของกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ ซึ่งคำนวณจากจาโคเบียนเมตริกซ์

จากที่ผ่านมาเห็นได้ว่าการแก้ปัญหาการหาค่าที่เหมาะสมสามารถใช้วิธีการต่างๆ ช่วยในการหาคำตอบ และวิธีการหาอาหารของแบคทีเรีย (Bacterial foraging optimization algorithm: BFOA) ถูกค้นพบเมื่อปี 2002 [26] ซึ่งเป็นวิธีการหาคำตอบที่น่าศึกษา วิธีการ BFOA เป็นวิธีการในกลุ่มฮิวริสติกที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับงานได้หลายแบบ แต่ยังไม่แพร่หลาย แต่จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าวิธีการหาอาหารของแบคทีเรียนำมาใช้แก้ปัญหาได้ดี สามารถใช้เพื่อจัดรูปแบบการจ่ายไฟที่เหมาะสมที่มีวัตถุประสงค์เพื่อลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบให้ได้มากที่สุด [27] และสามารถนำวิธีการ BFOA มาประยุกต์ใช้ร่วมกับวิธีการ Sensitivity analysis เพื่อหาจุดติดตั้งที่เหมาะสมของ DG และคาปาซิเตอร์ ที่ทำให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบมีค่าน้อยที่สุด และทดสอบในกรณีศึกษา 4 แบบ ได้แก่ กรณีฐาน DG กรณีมีเฉพาะคาปาซิเตอร์ กรณีมีเฉพาะ DG กรณีมีทั้ง DG และคาปาซิเตอร์ เปรียบเทียบกับวิธีการ PSO และวิธีการ Analytical Approach พบว่าวิธีการ BFOA สามารถค้นหาคำตอบที่ดีที่สุดและระบบจำหน่ายที่มีทั้ง DG และคาปาซิเตอร์ จะช่วยให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบมีค่าน้อยที่สุด [28]

โดยปกติการหาคำตอบด้วยวิธีการหาอาหารของแบคทีเรียจะกำหนดระยะทางการเคลื่อนที่ของแบคทีเรียให้มีค่าคงที่เสมอ ดังนั้นจึงมีผู้สนใจศึกษาวิธีการปรับปรุงประสิทธิภาพของวิธีการหาอาหารของแบคทีเรียเป็นแนวทางหนึ่งที่ทำให้ได้คำตอบที่เข้าใกล้คำตอบที่ดีที่สุดและสามารถช่วยให้การค้นหาคำตอบเข้าสู่คำตอบให้เร็วขึ้น โดยการปรับปรุงระยะทางการว่ายน้ำของแบคทีเรียในกระบวนการเคลื่อนที่ของแบคทีเรียในขั้นตอนเคโมแทกซิส (Chemotaxis) การปรับปรุงระยะทางการเคลื่อนที่ของแบคทีเรียสามารถทำได้หลายวิธี คือ สามารถปรับปรุงระยะทางการเคลื่อนที่ของแบคทีเรียได้ตามค่าของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ซึ่งก็คือค่าความเข้มข้นของสารอาหาร [27, 29, 30] เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการ BFOA เดิม พบว่าสามารถค้นหาคำตอบได้ดีกว่า สามารถนำเสนอวิธีการหาคำตอบด้วยการจำลองให้อยู่ในรูปแบบฟังก์ชันสมการเชิงเส้น (Linearly adaptive bacterial foraging algorithm: LABFA) ฟังก์ชันสมการกำลังสอง (Quadratic adaptive bacterial foraging algorithm: QABFA) และเอกซ์โพเนนเชียลฟังก์ชัน (Exponentially adaptive bacterial foraging algorithm: EABFA) [32] การปรับปรุงระยะทางการเคลื่อนที่ของแบคทีเรียยังสามารถกำหนดให้เปลี่ยนแปลงตามจำนวนรอบของการเคลื่อนที่ในขั้นตอนเคโมแทกซิส (Chemotaxis) [27, 31, 33] และเปลี่ยนแปลงไปตามจำนวนของการสืบพันธุ์ (Reproduction) การกำจัดและการแพร่กระจาย (Elimination and dispersal) [34]

จากงานวิจัยที่ผ่านมาในอดีตแสดงให้เห็นว่าวิธีการหาอาหารของแบคทีเรีย เป็นวิธีการหาคำตอบแบบฮิวริสติก อัลกอริทึม (heuristic algorithm) ที่สามารถใช้ในการแก้ปัญหาการหาค่าที่เหมาะสมได้

อย่างประสิทธิภาพ คำตอบที่ได้อาจจะไม่ใช่ค่าที่ดีที่สุดทุกครั้ง แต่แนวโน้มของค่าคำตอบส่วนมากอยู่ในเกณฑ์ที่ดีสามารถยอมรับได้ การใช้เวลาค้นหาคำตอบเหมาะสม และวิธีการดังกล่าวสามารถประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาการหาค่าที่เหมาะสมกับงานด้านระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่มีความซับซ้อนและมีตัวแปรร่วมการตัดสินใจจำนวนมากได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ผู้วิจัยจึงเลือกวิธีการหาคำตอบด้วยวิธีการหาอาหารของแบคทีเรีย มาใช้ในการแก้ปัญหาการหาขนาดและตำแหน่งที่เหมาะสมของโรงไฟฟ้าขนาดเล็กมากเพื่อลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบจำหน่าย

2.2 โรงไฟฟ้าขนาดเล็ก (Distributed Generator หรือ DG)

โรงไฟฟ้าขนาดเล็ก หรือ ผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็กมาก (Very Small Power Producer: VSPP) คือ ผู้ที่ผลิตพลังงานไฟฟ้าเพื่อขายให้กับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) มีกำลังการผลิตไฟฟ้าต่ำกว่า 8 MW ใช้ระบบการผลิตพลังงานความร้อนและไฟฟ้าร่วมกัน (Cogeneration) และพลังงานหมุนเวียน (Renewable Energy) เช่น ก๊าซชีวภาพ ขยะชีวมวล พลังงานลม พลังงานแสงอาทิตย์ เป็นเชื้อเพลิง

เทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าขนาดเล็กสามารถได้เป็น 3 ประเภทหลัก ตามชนิดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า หรือกระบวนการผลิตไฟฟ้า ได้แก่

2.2.1 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบซิงโครนัส (Synchronous Generator) ซึ่งมีใช้งานตั้งแต่ขนาดเล็กจนถึงขนาดหลายร้อยเมกะวัตต์ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดนี้สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าจริง (Real Power, P) ให้กับระบบ สามารถจ่ายและรับกำลังไฟฟารีแอกทีฟ (Reactive Power, Q) แก่ระบบได้ โดยขึ้นอยู่กับวิธีการควบคุม ซึ่งมีอยู่ 2 โหมดคือ Voltage Control และ Power Factor Control ในกรณีที่ควบคุมแบบ Voltage Control เครื่องกำเนิดชนิดนี้จะรักษาแรงดันที่ Terminal Voltage ให้คงที่ตราบใดที่การจ่ายหรือรับกำลังไฟฟารีแอกทีฟยังไม่เกินพิกัดของเครื่องกำเนิด สำหรับการควบคุมแบบ Power Factor Control เป็นการควบคุมให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจ่ายกำลังไฟฟ้าที่ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าที่กำหนด ซึ่งจะทำให้ค่ากำลังไฟฟารีแอกทีฟมีค่าคงที่ไปด้วย โดยปกติส่วนมากนิยมให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจ่ายไฟในโหมด Power Factor Control ที่จ่ายกำลังไฟฟารีแอกทีฟให้ระบบเล็กน้อยเพื่อป้องกันการถูกรับเรื่องการดึงกำลังไฟฟารีแอกทีฟจากระบบ

2.2.2 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบอะซิงโครนัสหรือเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ (Asynchronous Generator or Induction Generator) การผลิตกระแสไฟฟ้าของ DG ชนิดนี้เกิดจากการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็กหมุนของขดลวดที่โรเตอร์กระทำต่อขดลวดที่สเตเตอร์ ซึ่งไม่เป็นที่นิยมในการทำงาน เนื่องจากมีข้อเสียหลายประการ เช่น ประสิทธิภาพต่ำ การควบคุมค่าแรงดันยุ่งยาก เนื่องจากต้องมีการดึงกำลังไฟฟารีแอกทีฟออกจากระบบ

2.2.3 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ต่ออินเวอร์เตอร์ (Inverter) เป็นอุปกรณ์แปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ ใช้กับโรงไฟฟ้าที่ผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ (solar cell) โดยเซลล์แสงอาทิตย์จะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง แล้วใช้อินเวอร์เตอร์เปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ เพื่อเชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายของการไฟฟ้า

จากข้อมูลการติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็กในพื้นที่รับผิดชอบของ กฟภ.2 ที่มีพื้นที่ส่วนมากเป็นพื้นที่สำหรับเกษตรกรรม ทำให้มีแหล่งพลังงานหมุนเวียนจำนวนมากและหลากหลายชนิดที่สามารถนำมาเป็นเชื้อเพลิงที่ใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าได้ มีโรงไฟฟ้าขนาดเล็กเชื่อมต่อในระบบจำหน่ายทั้งหมดจำนวน

31 โรง [35] ซึ่งหากนำมาจำแนกลักษณะของประเภทเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า พบว่าส่วนใหญ่จะใช้เชื้อเพลิงประเภทชีวมวล ซึ่งโรงไฟฟ้าขนาดเล็กที่ใช้เชื้อเพลิงประเภทชีวมวลจะใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่เป็นแบบซิงโครนัส (Synchronous generator) ผลิตกระแสไฟฟ้า มีจำนวนมากถึง 18 โรง วิทยาลัยนพนธ์ฉบับนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาเกี่ยวกับโรงไฟฟ้าขนาดเล็กที่ใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบซิงโครนัสผลิตไฟฟ้า และเชื่อมต่อเข้ากับระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยพิจารณาข้อจำกัดของแรงดันไฟฟ้าให้อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด และพิสัยการจ่ายกำลังไฟฟ้าของ DG

2.3 ข้อจำกัดการเชื่อมต่อโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก

เพื่อให้การหาขนาดและตำแหน่งที่เหมาะสมของโรงไฟฟ้าขนาดเล็กสามารถนำไปใช้งานในระบบจำหน่ายไฟฟ้าได้จริง ในการวิทยานิพนธ์นี้อ้างอิงระเบียบข้อจำกัดทั่วไปของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ตามระเบียบว่าด้วยข้อกำหนดการเชื่อมต่อระบบโครงข่ายไฟฟ้า และระเบียบว่าด้วยข้อกำหนดการปฏิบัติการระบบโครงข่ายไฟฟ้า ปี 2551 [36] โดยภายหลังเชื่อมต่อ DG เข้ากับระบบจำหน่าย จะต้องไม่ส่งผลกระทบต่อระบบในด้านความปลอดภัยและความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายไฟฟ้า ซึ่งมีข้อจำกัดในการเชื่อมต่อโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก ดังนี้

2.3.1 ข้อจำกัดด้านคุณภาพแรงดันไฟฟ้า ที่กำหนดให้แรงดันไฟฟ้าต้องอยู่ในขอบเขตค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดของแรงดันไฟฟ้าที่ยอมรับได้ขณะจ่ายไฟฟ้าเป็นไปตามมาตรฐานการบริการของการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย ดังสมการที่ 2.1

$$0.95\text{p.u.} < V_i < 1.05\text{p.u.} \quad (2.1)$$

2.3.2 ข้อจำกัดด้านความซับซ้อนในการควบคุมและการปฏิบัติการ ที่กำหนดให้จำนวนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าต้องไม่เกินจำนวน 4 ราย/วงจร และต้องรวมกันไม่เกิน 8 MW/วงจร

2.3.3 ข้อจำกัดพิกัดของแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้า ที่กำหนดให้รูปแบบการจ่ายไฟที่ได้ต้องไม่ทำให้หม้อแปลงที่สถานีไฟฟ้าจ่ายโหลดเกินพิกัด วงจรละไม่เกิน 8 MW

2.3.4 ข้อจำกัดขอบเขตจำกัดการจ่ายกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Synchronous Generator's Capability Limits) [37] เป็นข้อจำกัดความร้อนของขดลวดสนามไฟฟ้ากระตุ้น (Field Heating Limit) จะทำให้ไม่สามารถป้อนกระแสไฟฟ้าได้เพิ่มขึ้น เพราะจะทำให้ฉนวนไฟฟ้าเกิดความเสียหายได้ ข้อจำกัดนี้จะทำให้ขอบเขตจำกัดการจ่ายกำลังไฟฟ้าเสมือน (Reactive Power) ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ดังสมการที่ 2.2

$$0.8 \leq PF_{DG} \leq 1 \quad (2.2)$$

2.4 การคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้า

การวิเคราะห์การไหลของกำลังไฟฟ้า เพื่อหาค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสีย ในงานวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เลือกใช้วิธีการ นิวตันราฟสัน (Saadat, 2004) [38] ซึ่งเป็นวิธีที่ได้รับความนิยมแพร่หลายมากที่สุด เหมาะกับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เชิงซ้อน มีความเร็วในการประมวลผลสูง สามารถเข้าสู่

คำตอบรวดเร็วได้คำตอบภายใน 3 ถึง 5 รอบของการคำนวณ จำนวนรอบการคำนวณไม่ได้ขึ้นกับขนาดของระบบไฟฟ้าซึ่งคำตอบที่ได้มีความน่าเชื่อถือ และมีความถูกต้องสูง วิธีการคำนวณแบบนิวตันราฟสัน เหมาะสมสำหรับการนำมาใช้แก้ปัญหาด้านระบบไฟฟ้าของระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่มีขนาดใหญ่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การศึกษาการไหลของกำลังไฟฟ้า เป็นการศึกษาเพื่อหาแรงดันไฟฟ้า และมุมเฟสที่บัสต่างๆ ซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญที่จะนำไปคำนวณค่ากระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้าจริง และกำลังไฟฟารีแอกทีฟ ของระบบไฟฟ้าในสภาวะปกติ โดยใช้ข้อมูลค่าพารามิเตอร์ของสายส่ง หม้อแปลงไฟฟ้า ขนาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และขนาดของโหลด โดยที่บัสของระบบสามารถแบ่งเป็น 3 ชนิด ซึ่งในแต่ละบัสจะประกอบไปด้วยค่าพารามิเตอร์ ได้แก่ ขนาดของแรงดันไฟฟ้า (Voltage magnitude) มุมของแรงดันไฟฟ้า (Phase angle) กำลังไฟฟ้าจริง (Real power) กำลังไฟฟารีแอกทีฟ (Reactive power) โดยที่ในแต่ละบัสนั้นจะทราบค่าพารามิเตอร์อย่างน้อย 2 ค่า ส่วนค่าพารามิเตอร์ที่เหลือ จะได้มาจากการคำนวณ

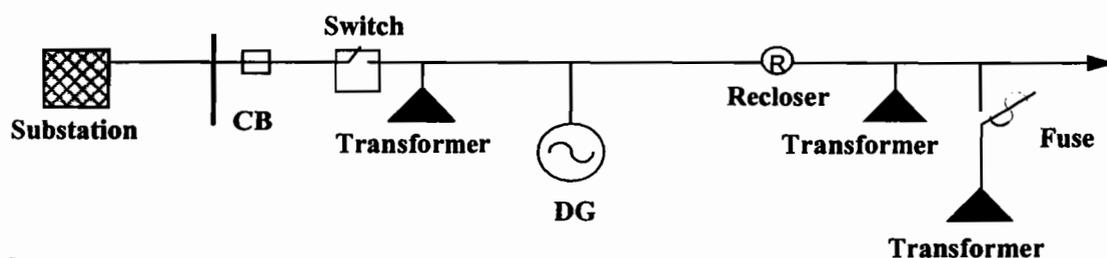
การคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าด้วยวิธีนิวตันราฟสัน สามารถเขียนสมการให้อยู่ในรูปแบบส่วนจริงและส่วนจินตภาพได้ดังสมการที่ 2.3 - 2.4

$$P_i = \sum_{j=1}^N |V_i| |V_j| |Y_{ij}| \cos(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j) \quad (2.3)$$

$$Q_i = - \sum_{j=1}^N |V_i| |V_j| |Y_{ij}| \sin(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j) \quad (2.4)$$

2.5 ระบบจำหน่ายไฟฟ้าของ กฟผ.2

ระบบจำหน่ายไฟฟ้าของ กฟผ.2 เป็นระบบจำหน่ายแบบเรเดียล ประกอบด้วย สถานีไฟฟ้าย่อย (Substation) ทำหน้าที่จ่ายพลังงานไฟฟ้าผ่านระบบจำหน่ายไฟฟ้า (Power Distribution System) ในระดับแรงดัน 22 kV ซึ่งลักษณะของระบบจำหน่ายไฟฟ้าจะประกอบไปด้วย สายป้อนหลัก (Main feeder) ที่มีเซอร์กิตเบรกเกอร์ (circuit breaker) เป็นอุปกรณ์ป้องกันที่ต้นทาง มีสวิตช์ (Switch) เป็นอุปกรณ์ตัดตอน และมีรีโครสเซอร์ (Recloser) เป็นอุปกรณ์ป้องกันในระบบจำหน่าย และสายแยกย่อย (Lateral) มีดรอปเอาท์ฟิวส์ (Dropout fuse) เป็นอุปกรณ์ป้องกันและตัดตอน ระบบจำหน่ายจะทำหน้าที่ส่งผ่านพลังงานไฟฟ้าไปจากสถานีไฟฟ้าย่อย เพื่อส่งต่อพลังงานไปให้ผู้ใช้ไฟฟ้าผ่านหม้อแปลงจำหน่าย ซึ่งทำหน้าที่ลดระดับแรงดันจากแรงดันไฟฟ้า 22 kV เป็น 220/380 V และส่งต่อพลังงานไฟฟ้าไปให้ผู้ใช้ไฟฟ้า ดังภาพที่ 2.1



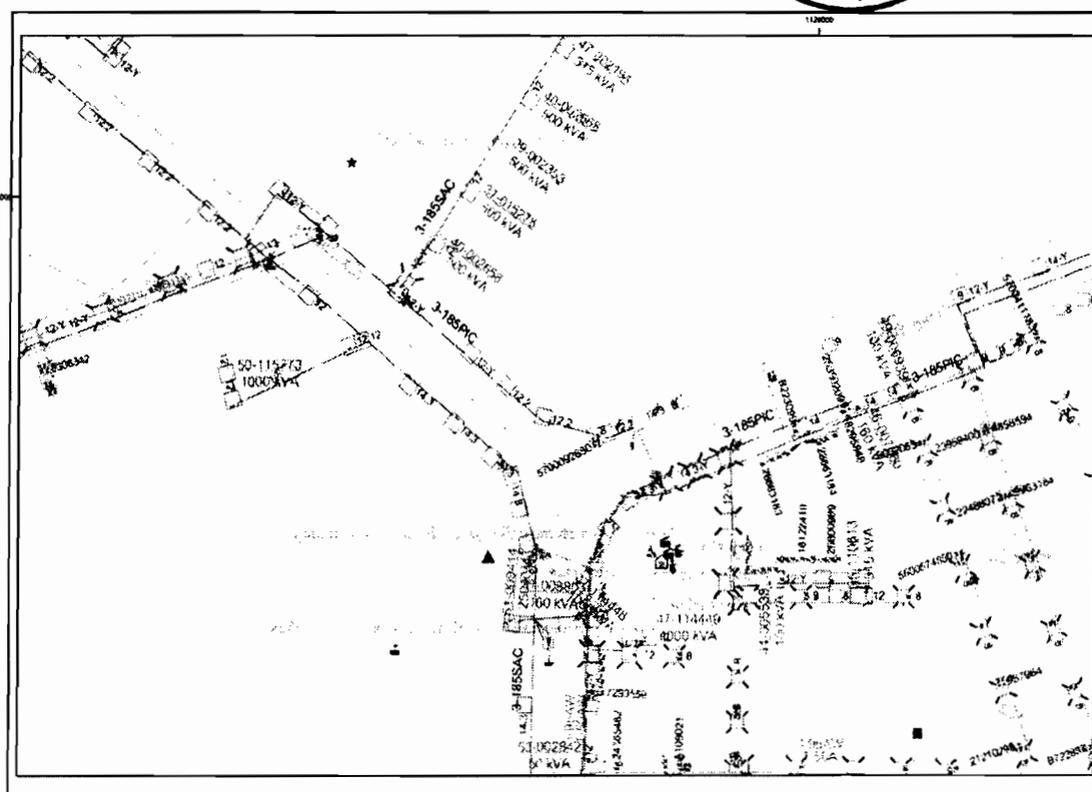
ภาพที่ 2.1 ระบบจำหน่ายของ กฟฉ.2

2.6 ข้อมูลภูมิศาสตร์สารสนเทศระบบไฟฟ้า (Geographic Information System หรือ GIS)

ข้อมูลภูมิศาสตร์สารสนเทศ (Geographic Information System หรือ GIS) เป็นข้อมูลในเชิงพื้นที่ ถูกจัดเก็บด้วยระบบคอมพิวเตอร์ สามารถอ้างอิงถึงตำแหน่งที่มีอยู่จริงบนพื้นโลกได้โดยอาศัยระบบพิกัดทางภูมิศาสตร์ ข้อมูล GIS สามารถสืบค้น วิเคราะห์ และแสดงผลในรูปแบบของภาพแผนที่ที่มีส่วนสัมพันธ์กับข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) เชื่อมโยงกับข้อมูลเชิงบรรยาย (Attribute Data) การเชื่อมโยงข้อมูลทั้งสองประเภทเข้าด้วยกัน จะทำให้ผู้ใช้สามารถที่จะแสดงข้อมูลทั้งสองประเภทได้พร้อมๆ กัน เช่นสามารถค้นหาตำแหน่งต่างๆ โดยการระบุชื่อข้อมูลที่ต้องการค้นหาและสามารถที่จะสอบถามรายละเอียดของตำแหน่งที่เลือกได้

ปัจจุบันการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคมีการใช้งานระบบภูมิศาสตร์สารสนเทศ (GIS) เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการวางแผน ออกแบบ และวิเคราะห์ข้อมูลด้านระบบไฟฟ้า โดยการจัดทำฐานข้อมูลระบบภูมิศาสตร์สารสนเทศระบบไฟฟ้า ได้แก่ ระบบสายส่ง 115 kV ระบบจำหน่ายไฟฟ้า 22 kV ระบบจำหน่ายไฟฟ้าแรงต่ำ 220/380 V ดังภาพที่ 2.2 และในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะใช้ข้อมูล GIS ของ กฟฉ.2 มาจำลองโครงสร้างของระบบจำหน่ายไฟฟ้าและนำไปใช้ในการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าด้วยโปรแกรม Matpower 3.2 ซึ่งเป็นโปรแกรม Open source ที่ทำงานบนโปรแกรม MATLAB เพื่อให้ได้ค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสีย กำลังไฟฟ้าที่ไหลในส่วนต่างๆ และแรงดันไฟฟ้า ณ ทุกบัส

สามารถแบ่งข้อมูลระบบไฟฟ้าตามคุณลักษณะได้ 3 กลุ่ม ดังนี้คือ ข้อมูลบัส (Bus data) ข้อมูลแหล่งจ่ายไฟฟ้า (Generator data) สายไฟฟ้า (Branch data)



ภาพที่ 2.2 ตัวอย่างข้อมูลภูมิศาสตร์สารสนเทศระบบไฟฟ้า (GIS)

2.6.1 ข้อมูลบัส บัส ทำหน้าที่เป็นจุดต่อของอุปกรณ์ไฟฟ้า เมื่อเทียบกับฐานข้อมูล GIS จะใช้ เป็นจุดต่อของอุปกรณ์ เช่น เซอร์กิตเบรกเกอร์ รีโครสเซอร์ สวิตช์ตัดตอน คาปาซิเตอร์ และหม้อ แปลงไฟฟ้า คุณสมบัติของบัสในระบบมี 3 แบบ ดังนี้

2.6.1.1 บัสอ้างอิง (Reference bus หรือ Slack bus) เป็นบัสที่กำหนดให้แรงดันไฟฟ้า คงที่เพื่อสร้างสมดุลการไหลของกำลังไฟฟ้าในระบบ บัสอ้างอิงในระบบมักกำหนดให้ค่าแรงดันไฟฟ้ามี ค่า 1.0 p.u. และมุมเฟสมีค่าเท่ากับ ศูนย์องศา ระบบจำหน่ายไฟฟ้าของ กฟภ. บัสอ้างอิง หมายถึงบัส ต้นทางของสายป้อนที่ต่อกับสถานีไฟฟ้าย่อย

2.6.1.2 บัสคุมแรงดัน (Voltage control bus หรือ PV Bus) คือ บัสที่มีเครื่องกำเนิด ไฟฟ้าเชื่อมต่ออยู่ กำหนดให้กำลังไฟฟ้าจริง และค่าแรงดันไฟฟ้าที่บัสมีค่าคงที่ เมื่อวิเคราะห์การไหล ของกำลังไฟฟ้า จึงจะทราบค่ากำลังไฟฟ้านี้แอกทีฟ

2.6.1.3 โหลดบัส หรือ PQ Bus เป็นบัสที่มีโหลดเชื่อมต่ออยู่ ซึ่งจะเป็นบัสที่ทราบค่า กำลังไฟฟ้าจริง และกำลังไฟฟ้านี้แอกทีฟ ค่าที่ได้จากระบบ GIS จะเป็นพิกัดโหลดติดตั้ง ซึ่งในทาง ปฏิบัติ ก่อนการนำไปใช้งานต้องทำการ Scale load ให้มีค่าเท่ากับข้อมูลโหลดสูงสุดของระบบ และ เมื่อวิเคราะห์การไหลของกำลังไฟฟ้าจึงจะทราบค่าแรงดันที่บัสและมุมเฟสของแรงดันไฟฟ้า โดยทั่วไป ระบบจำหน่ายไฟฟ้าของ กฟภ. จะเป็นระบบที่มีขนาดใหญ่ มีผู้ใช้ไฟเชื่อมต่ออยู่เป็นจำนวนมากดังนั้น จะเห็นได้ว่าบัสที่อยู่ในระบบจำหน่ายไฟฟ้าของ กฟภ. ส่วนใหญ่จึงเป็นโหลดบัส

2.6.2 ข้อมูลแหล่งจ่ายไฟฟ้า แหล่งจ่ายเป็นได้ทั้งสถานีไฟฟ้า เครื่องกำเนิดไฟฟ้า วงจรจ่ายไฟ หรือ ผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก แหล่งจ่ายไฟฟ้าจะอยู่ที่บัส 1 ลักษณะแหล่งจ่ายที่เป็นสถานีไฟฟ้าจะจำลองเป็นบัสชนิดที่ 3 กำลังไฟฟ้าฐานเท่ากับ 100 MVA แรงดันไฟฟ้าฐานเท่ากับ 22 kV

2.6.3 ข้อมูลสายไฟฟ้า มีพารามิเตอร์ที่แตกต่างกันไปตามชนิด ขนาดและความยาวของสาย เป็นอุปกรณ์ที่ต่ออนุกรมต้องใช้บัส 2 บัสในการเชื่อมต่อ โดยข้อมูลสายจะเป็นค่าความต้านทานและค่ารีแอคแตนซ์ของสายเป็นระบบเปอร์ยูนิต (Per unit)

2.7 การจัดเตรียมระบบทดสอบ

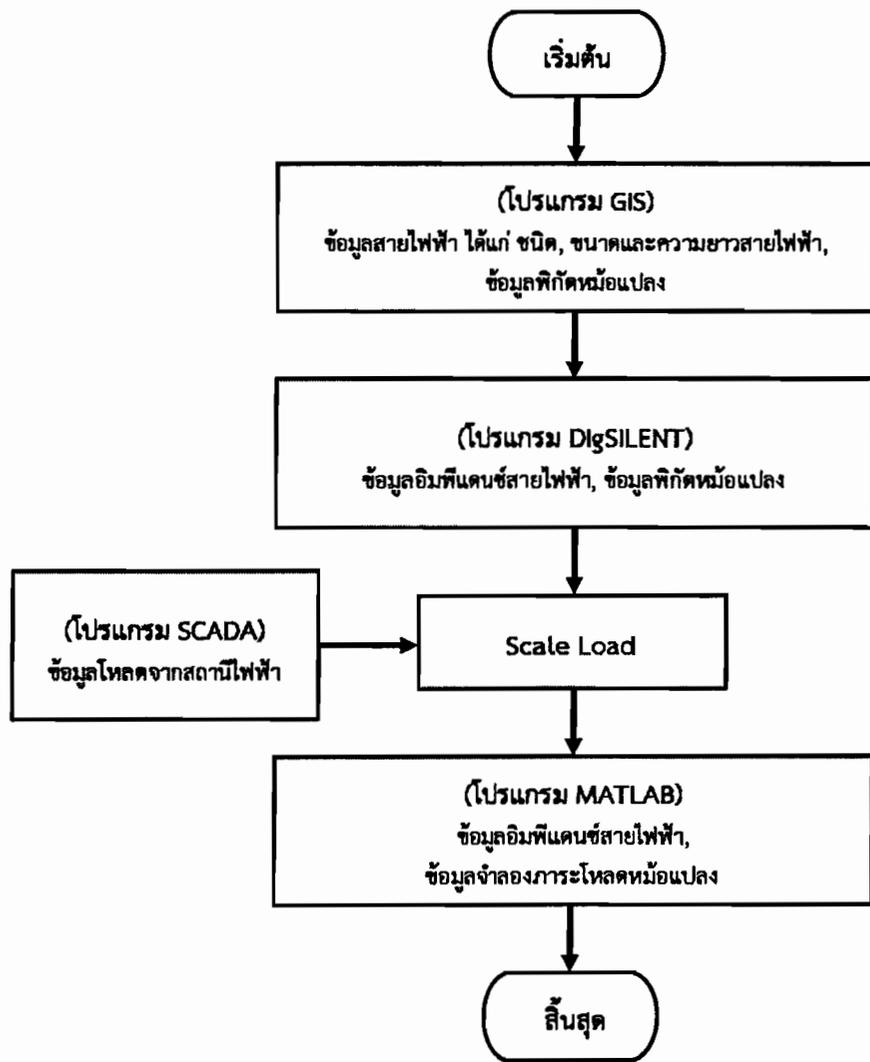
การจัดเตรียมระบบทดสอบเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญ เพื่อให้การวิเคราะห์ข้อมูลมีความถูกต้อง น่าเชื่อถือ จึงมีการจัดเตรียมระบบทดสอบให้ใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด โดยการจัดเตรียมระบบทดสอบประกอบข้อมูลจากหลายส่วน สามารถสรุปขั้นตอนวิธีการเตรียมระบบทดสอบดังภาพที่ 2.3

2.7.1 โปรแกรม GIS จัดเตรียมข้อมูลระบบภูมิศาสตร์สารสนเทศระบบไฟฟ้าให้อยู่ในรูปแบบที่สามารถนำเข้าโปรแกรม DigSILENT ได้ (.dgs file)

2.7.2 โปรแกรม DigSILENT เมื่อทำการนำเข้าข้อมูลภูมิศาสตร์สารสนเทศระบบไฟฟ้าที่ได้จากโปรแกรม GIS ไปยังโปรแกรม DigSILENT จะได้ค่าอินพีแดนซ์ของสายไฟฟ้าตามชนิดและความยาวของสายไฟฟ้า และโหลดติดตั้งตามขนาดของหม้อแปลงจำหน่าย ซึ่งไม่ได้สะท้อนค่าภาระโหลดจริง จึงต้องใช้ค่าตัวประกอบความต้องการไฟฟ้า (Demand Factor: D.F) หรือ อัตราส่วนความต้องการไฟฟ้าสูงสุด(Maximum demand) กับโหลดติดตั้ง (Connected load) [39] ที่ได้จากโปรแกรม SCADA มาทำการจำลองค่าภาระโหลด โดยการคำนวณค่า Demand Factor เป็นการคำนวณแยกมาจากโปรแกรม DigSILENT มีสูตรการคำนวณดังสมการที่ 2.5

$$D.F = \frac{\text{Maximum Demand}}{\text{Total Connected Load}} \quad (2.5)$$

ทำการ Scale load จะใช้ค่าตัวประกอบความต้องการไฟฟ้าที่คำนวณได้ (D.F × หม้อแปลงติดตั้งในระบบทดสอบ) ให้ได้ค่าภาระโหลดประมาณของแต่ละหม้อแปลงติดตั้ง เพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลของระบบทดสอบและนำไปใช้งานในโปรแกรม MATLAB ต่อไป



ภาพที่ 2.3 ขั้นตอนวิธีการเตรียมระบบทดสอบ

บทที่ 3

วิธีการหาค่าที่เหมาะสมและการแก้ปัญหาด้วยวิธีการหาอาหารของแบคทีเรีย (Bacterial foraging optimization algorithm: BFOA)

ในบทนี้อธิบายถึงปัญหาการหาขนาดและตำแหน่งของโรงไฟฟ้าขนาดเล็กเพื่อให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบจำหน่ายไฟฟ้ามีค่าน้อยที่สุด โปรแกรมการหาค่าด้วยวิธีการหาอาหารของแบคทีเรียที่พัฒนาขึ้น การศึกษาการกำหนดจำนวนค่าพารามิเตอร์ของวิธีการหาอาหารของแบคทีเรีย และผลการทดสอบของโปรแกรมการหาค่าด้วยวิธีการหาอาหารของแบคทีเรียที่พัฒนาขึ้น วิทยานิพนธ์นี้ได้ทำการทดสอบการหาค่าด้วยวิธีการหาอาหารของแบคทีเรีย กับระบบทดสอบ IEEE ขนาด 33 บัส ที่เป็นระบบจำหน่ายไฟฟ้าแบบเรเดียล

3.1 ปัญหาการหาขนาดและตำแหน่งที่เหมาะสมของโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก

การกำหนดขนาดและตำแหน่งที่เหมาะสมที่สุดของโรงไฟฟ้าขนาดเล็กที่จะติดตั้งในระบบจำหน่าย มีสมมุติฐานว่าข้อมูลทั้งหมดของระบบจำหน่ายก่อนการติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก มีลักษณะโครงสร้างของระบบจำหน่ายไฟฟ้าคงที่ ทราบจำนวนบัส ทราบค่าพารามิเตอร์ในทุกๆสายจำหน่าย ทุกๆบัส และกำหนดให้สามารถติดตั้ง DG เพียงตัวเดียวในทุกๆบัสในระบบจำหน่ายไฟฟ้า ยกเว้นบัส 1 ซึ่งเป็นบัสอ้างอิง (Slack bus)

ดังนั้นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่พิจารณาจะขึ้นอยู่กับขนาดและตำแหน่งของโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก ที่ทำให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบมีค่าน้อยที่สุด

$$\text{Minimize } P_L \sum_{i=1, j=2}^N I_{ij}^2 R_{ij}^2, \quad i \neq j \quad (3.1)$$

สำหรับเงื่อนไขของขอบเขตระดับแรงดัน พิกัดการจ่ายกำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟารีแอกทีฟของโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก จะนำมาพิจารณาในระหว่างขั้นตอนการค้นหาค่าตอบ

$$\text{ขอบเขตแรงดันไฟฟ้า} \quad 0.95 < V_i < 1.05 \text{ p.u.} \quad (3.2)$$

$$\text{พิกัดการจ่ายกำลังไฟฟ้าจริง} \quad 0.001 < P_{DG} < 8 \text{ MW} \quad (3.3)$$

$$\text{เพาเวอร์แฟคเตอร์ของ} \quad \text{DG} \quad 0.8 < P.F._{DG} < 1 \quad (3.4)$$

3.2 การหาค่าที่เหมาะสมด้วยวิธีการหาอาหารของแบคทีเรีย (BFOA)

ขั้นตอนการหาค่าที่เหมาะสมของวิธีการหาอาหารของแบคทีเรีย มีแนวคิดและหลักการเชิงอุดมคติจากพฤติกรรมเคลื่อนที่เพื่อหาอาหารของแบคทีเรีย ตามความเข้มข้นของสารอาหาร และการเคลื่อนที่หลีกเลี่ยงสภาพแวดล้อมที่เป็นพิษ ซึ่งเป็นพฤติกรรมที่น่าสนใจเพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการค้นหาค่าที่เหมาะสม

3.2.1 พฤติกรรมของแบคทีเรีย

แบคทีเรียเป็นสิ่งมีชีวิตขนาดเซลล์เดียว มีผนังเซลล์ (Cell wall) ที่แข็งแรงทำให้คงรูปอยู่ได้ กินอาหารด้วยวิธีการดูดซึม สืบพันธุ์ด้วยการแบ่งตัวแบบ Binary fission ทำให้ได้แบคทีเรียใหม่ 2 เซลล์ ขนาดเท่าๆกัน แบคทีเรีย *Escherichia coli* หรือนิยมเรียกว่า แบคทีเรียอีโคไลน์ (*E. coli*) เป็นแบคทีเรียในกลุ่มโคลิฟอร์ม มีลักษณะรูปร่างเป็นท่อน อาศัยอยู่ในลำไส้ใหญ่ของสัตว์และมนุษย์ เจริญเติบโตได้ดีในสภาพแวดล้อมที่เป็นกรด-ด่าง อุณหภูมิประมาณ 20 ถึง 37 องศาเซลเซียส แบคทีเรียต้องการพลังงานสำหรับการเจริญเติบโต รักษาสภาพสมดุลย์ และสำหรับการเพิ่มจำนวน ดังเช่นสิ่งมีชีวิตอื่นๆทุกชนิด พฤติกรรมหาอาหารของแบคทีเรีย คือจะเคลื่อนไปตามทิศทางที่มีความเข้มข้นของสารอาหารมากขึ้นกว่าเดิมและพยายามเคลื่อนที่หลีกเลี่ยงบริเวณที่มีสภาพแวดล้อมที่มีสภาพความเป็นกลางและเป็นพิษ และในระหว่างการเคลื่อนที่ แบคทีเรียอีโคไลน์จะพยายามเคลื่อนที่เข้าหากลุ่ม ซึ่งมีแนวโน้มที่จะรวมกลุ่มกันในบริเวณที่แบคทีเรียอยู่รวมกลุ่มกันหนาแน่น โดยทั่วไปแบคทีเรียสามารถเคลื่อนย้ายไปยังบริเวณใหม่ได้หากเกิดการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมที่แบคทีเรียอาศัยอยู่ ได้แก่ สภาพแวดล้อมเกิดสภาวะความเป็นกลาง อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไปอย่างกะทันหัน หรือสารอาหารในบริเวณนั้นหมดไป แบคทีเรียบางส่วนอาจตายไป และบางส่วนจะย้ายไปอยู่ในบริเวณใหม่

จากแนวคิดและพฤติกรรมเคลื่อนที่เพื่อหาอาหารของแบคทีเรียดังกล่าว จึงได้นำมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาการหาค่าที่เหมาะสม วิทยานิพนธ์นี้ใช้หลักการของพฤติกรรมหาอาหารของแบคทีเรียมาประยุกต์ใช้ในการหาขนาดและตำแหน่งของโรงไฟฟ้าขนาดเล็กเพื่อให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบจำหน่ายไฟฟ้ามีค่าน้อยที่สุด

วิธีการหาอาหารของแบคทีเรีย (Bacterial foraging optimization algorithm: BFOA) [24] เป็นวิธีการหาค่าที่เหมาะสมในกลุ่มเมตา ฮิวริสติก (Metaheuristic optimisation) โดยอาศัยแนวคิดของพฤติกรรมหาอาหารของแบคทีเรียมาเป็นวิธีการหาค่าตอบการหาค่าที่เหมาะสม วิธีการหาอาหารของแบคทีเรียเหมาะในการใช้แก้ปัญหาเพื่อหาค่าตอบของปัญหาที่มีความซับซ้อน มีจำนวนตัวแปรที่ต้องการค้นหาจำนวนมาก โดยเฉพาะปัญหาที่มีขนาดใหญ่ ต้องใช้เวลาในการคำนวณมาก

3.2.2 ขั้นตอนการหาค่าที่เหมาะสมด้วยวิธีการหาอาหารของแบคทีเรีย (BFOA)

ขั้นตอนที่ 1 การสร้างประชากรเริ่มต้น (initial population) โดยสร้างกลุ่มประชากรของแบคทีเรีย และสุ่มค่าตำแหน่ง (A) ให้กับแบคทีเรียแต่ละตัว ซึ่งตำแหน่งแบคทีเรียแต่ละตัวเปรียบเสมือนคำตอบของปัญหา จำนวน 1 คำตอบ คำตอบของปัญหาการหาขนาดและตำแหน่งที่เหมาะสมของโรงไฟฟ้าขนาดเล็กอนุมาณได้ว่าตำแหน่งที่แบคทีเรียอยู่ (A) คือ ตำแหน่งบัสที่ติดตั้ง

DG ปริมาณการจ่ายกำลังไฟฟ้าจริง และปริมาณการจ่ายกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟของ DG ทั้งนี้จะทำการสุ่มตำแหน่งตามจำนวนของประชากรที่กำหนดไว้

ขั้นตอนที่ 2 การกำหนดฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective function) หมายถึงการกำหนดปัญหาที่ต้องการหาคำตอบให้อยู่ในรูปแบบของสมการฟังก์ชัน โดยที่คำตอบที่ได้จะเป็นค่าที่มากที่สุด(maximum) หรือ ค่าน้อยที่สุด (Minimum) แล้วแต่กรณี ปัญหาของแบคทีเรียมีฟังก์ชันวัตถุประสงค์ คือการหาตำแหน่งที่มีสารอาหารมาก (Nutrient rich) และมีสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมแก่การอาศัยอยู่ของแบคทีเรีย ซึ่งถ้ามองในรูปแบบปัญหาการหาขนาดและตำแหน่งที่เหมาะสมของโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก ก็คือการกำหนดวัตถุประสงค์ เพื่อให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบมีค่าน้อยที่สุด

ขั้นตอนที่ 3 การหาค่าความเข้มข้นของสารอาหาร (Nutrient) ความเข้มข้นของสารอาหาร $J(A)$ หาได้จากตำแหน่งที่แบคทีเรียอยู่ (A) โดยแบคทีเรียจะพยายามเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ $J(A)$ มีค่าน้อยที่สุด ซึ่งหมายถึงตำแหน่งที่มีความเข้มข้นของสารอาหารมาก ถ้า $J(A)$ มีค่ามาก บ่งบอกได้ว่าตำแหน่งนั้นมีสารอาหารน้อย ดังนั้นสำหรับปัญหาการหาขนาดและตำแหน่งที่เหมาะสมของโรงไฟฟ้าขนาดเล็กจึงอนุมานได้ว่า ค่าความเข้มข้นของสารอาหารของแบคทีเรีย คือค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสีย นั่นเอง

ขั้นตอนที่ 4 การเคลื่อนที่ จะอยู่ในกระบวนการเคโมแทกซิส (Chemotaxis) ซึ่งธรรมชาติของแบคทีเรียมีจะพฤติกรรมเคลื่อนที่ไปตามทิศทางที่มีความเข้มข้นของสารอาหารมาก โดยแบคทีเรียจะทำการเลือกกลิ้งเพื่อสุ่มหาทิศทาง และจะเคลื่อนที่ด้วยระยะทางคงที่ตามทิศทางที่สุ่มขึ้นมาได้ ไปยังตำแหน่งใหม่ ตามสมการ 3.5

$$A^*(c+1, k, ell) = A^*(c, k, ell) + C(x) \frac{\Delta(x)}{\sqrt{\Delta^T(x) \Delta(x)}} \quad (3.5)$$

ค่า $C(x)$ คือระยะทางเคลื่อนที่ โดยที่ $\Delta(x)$ เป็นเวกเตอร์ทิศทางที่ได้จากการสุ่ม และ $\Delta(x) \in [-1, 1]$

ค่า $A^*(c, k, ell)$ หมายถึงตำแหน่งที่แบคทีเรียอยู่ ณ รอบเคโมแทกซิส c , รอบการสืบพันธุ์ k และรอบการกำจัดและการแพร่กระจาย ell

แบคทีเรียจะเคลื่อนที่จากตำแหน่งเดิม $A^*(c, k, ell)$ ด้วยเวกเตอร์ที่มีระยะทาง $C(x)$ ตามทิศทาง $\Delta(x)$ ไปยังตำแหน่งใหม่คือ $A^*(c+1, k, ell)$ และทำการเปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นของสารอาหาร $J(A)$ หาก $J(A)$ ณ ตำแหน่งใหม่มีค่าน้อยกว่า $J(A)$ เดิมที่บันทึกไว้ แบคทีเรียก็จะเคลื่อนที่ต่อไปตามทิศทางการเคลื่อนที่เดิม แต่ถ้าหากแบคทีเรียเคลื่อนที่ไปเจอบริเวณที่สารอาหารน้อยกว่าเดิม $J(A)$ ณ ตำแหน่งใหม่มีค่ามากกว่า $J(A)$ เดิมที่บันทึกไว้แบคทีเรียจะหยุดเคลื่อนที่

ขั้นตอนที่ 5 การรวมกลุ่ม (Swarm) ระหว่างการเคลื่อนที่ แบคทีเรียแต่ละตัวจะส่งสัญญาณทางเคมี (Cell to cell signal) เพื่อดึงดูดแบคทีเรียตัวอื่นๆ ให้มารวมกลุ่ม ในบริเวณที่มี

แบคทีเรียอาศัยอยู่จำนวนมาก และแบคทีเรียจะพยายามเคลื่อนที่พร้อมกันเป็นกลุ่ม ซึ่งพฤติกรรม การเคลื่อนที่ดังกล่าวจะคล้ายกับการเคลื่อนที่ของฝูงผึ้ง

ขั้นตอนที่ 6 การสืบพันธุ์ (Reproduction) เป็นขั้นตอนการคัดเลือกประชากรแบคทีเรียที่ดี ตามค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ซึ่งก็คือค่าปริมาณสารอาหาร ทำการจัดเรียงประชากรแบคทีเรียตาม ปริมาณสารอาหารจากมากไปน้อย และแบ่งกลุ่มประชากรแบคทีเรียออกเป็น 2 กลุ่มเท่าๆกัน แบคทีเรียกลุ่มที่มีปริมาณสารอาหารน้อยจะตายไป แบคทีเรียกลุ่มที่มีปริมาณสารอาหารมาก จะทำ การสืบพันธุ์โดยการแบ่งเซลล์ จาก 1 เป็น 2 เซลล์ และอาศัยอยู่ในตำแหน่งเดิม ทำให้ขนาดของกลุ่ม ประชากรแบคทีเรียมีจำนวนคงที่ ซึ่งในปัญหาการหาขนาดและตำแหน่งที่เหมาะสมของโรงไฟฟ้าขนาด เล็กจะนำค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบมาจัดเรียงเพื่อแบ่งกลุ่มประชากรของคำตอบ

ขั้นตอนที่ 7 การกำจัดและการแพร่กระจาย (Elimination and dispersal) ในกรณีที่มี สภาพแวดล้อมที่แบคทีเรียอาศัยอยู่เปลี่ยนแปลงไปอย่างกะทันหัน อาทิเช่น สภาพแวดล้อมที่มีสภาพ เป็นพิษ คือมีสภาพความเป็นกลาง หรือสารอาหารในบริเวณนั้นหมดไป ส่งผลให้แบคทีเรียบางส่วน ตายไปและบางส่วนจะย้ายไปยังบริเวณอื่น ซึ่งแบคทีเรียทุกตัวมีสิทธิ์ถูกกำจัดทิ้งและจะสุ่มประชากร แบคทีเรียใหม่ขึ้นมาแทน ตามสมการ 3.6

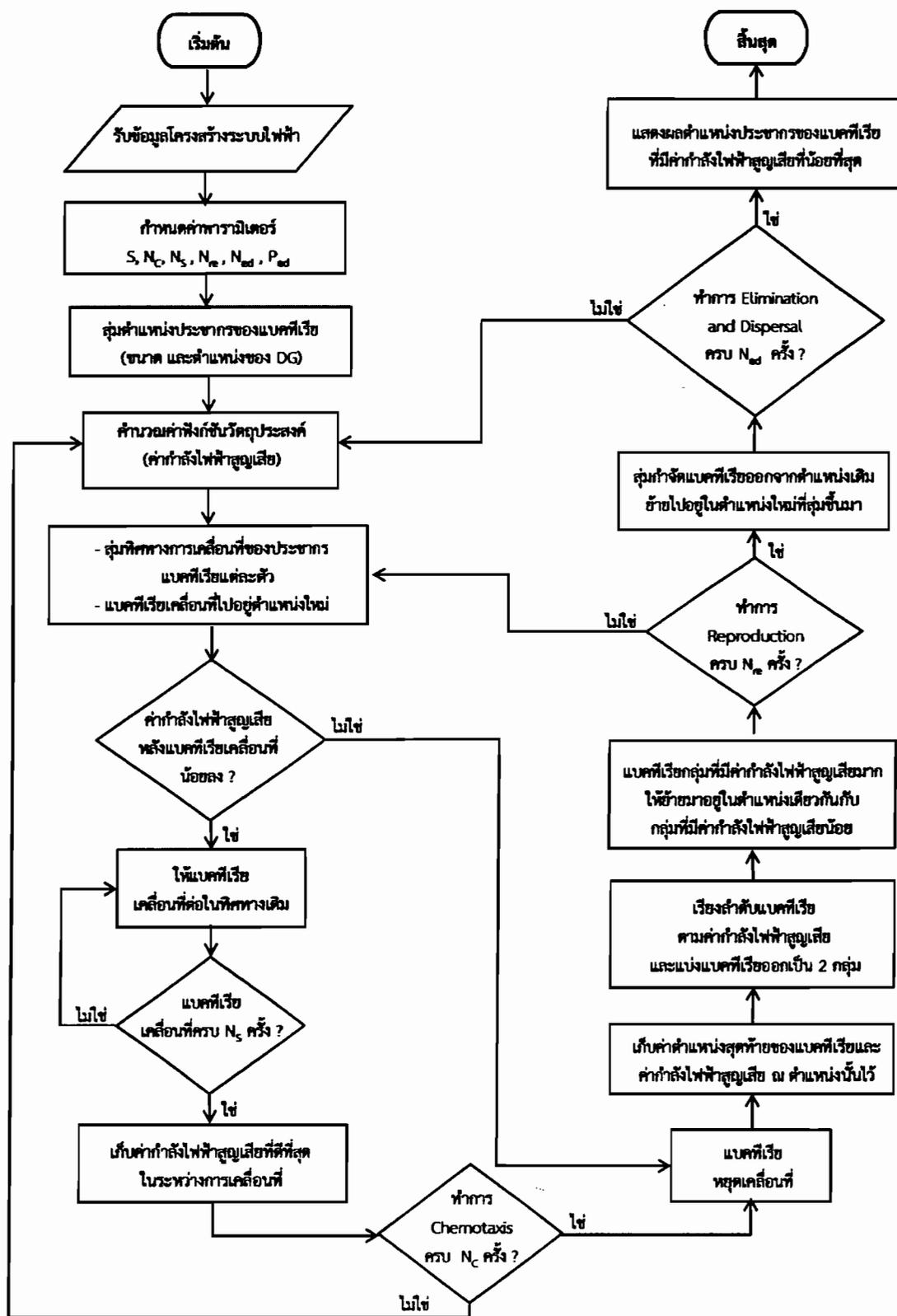
$$P_{ed} > \text{rand} \quad (3.6)$$

rand หมายถึงการสุ่มค่าที่อยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 หากค่าที่สุ่มขึ้นมามีค่าน้อยกว่า P_{ed} จะเกิด กระบวนการกำจัดและการแพร่กระจาย หมายถึงแบคทีเรียตัวนั้นจะถูกกำจัดและจะทำการสุ่ม ประชากรแบคทีเรียใหม่ขึ้นมาแทน

ขั้นตอนที่ 8 การคัดเลือกคำตอบที่ดีที่สุด ทำการคำนวณหาค่าความเหมาะสมตามฟังก์ชัน วัตถุประสงค์ของปัญหาคือ ค่าความเข้มข้นของสารอาหารที่มากที่สุด เมื่อทำจนครบตามจำนวน ประชากรแบคทีเรียแล้ว การทำงานของวิธีการหาอาหารของแบคทีเรียจะหยุดการทำงานก็ต่อเมื่อมี การทำงานซ้ำครบรอบของการค้นหาคำตอบที่กำหนดไว้ (Maximum iteration) และจะสรุปผล คำตอบแบคทีเรียที่ดีที่สุดออกมา

3.3 การประยุกต์ใช้วิธีการ BFOA เพื่อแก้ปัญหาการหาขนาดและตำแหน่งของโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก

ผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้วิธีการหาอาหารของแบคทีเรียมาใช้แก้ปัญหาการหาขนาดและตำแหน่งของ โรงไฟฟ้าขนาดเล็กที่ทำให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบจำหน่ายไฟฟ้ามีค่าน้อยที่สุด ซึ่งจากพฤติกรรม การหาอาหารของแบคทีเรียที่พยายามเคลื่อนที่ไปในตำแหน่งที่มีสารอาหารมาก เปรียบได้กับวิธีการ BFOA ที่พยายามหาขนาดและตำแหน่งของโรงไฟฟ้าขนาดเล็กที่ทำให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียมีค่าน้อยที่สุด และตำแหน่งที่ประชากรแบคทีเรียตัวที่ดีที่สุดอยู่ หมายถึง ตำแหน่งบัส ปริมาณการจ่ายกำลังไฟฟ้าจริง ปริมาณการจ่ายกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟของ DG ที่ทำให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียมีค่าน้อยที่สุด สามารถอธิบาย ขั้นตอนของการหาคำตอบด้วยวิธีการ BFOA แสดงดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 กระบวนการค้นหาคำตอบด้วยวิธีการ BFOA เพื่อหาขนาดและตำแหน่งติดตั้งของ โรงไฟฟ้าขนาดเล็ก ที่ทำให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบมีค่าน้อยที่สุด

จากภาพที่ 3.1 สามารถขั้นตอนของกระบวนการหาคำตอบได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 เริ่มต้นจากการรับข้อมูลโครงสร้างระบบไฟฟ้า ได้แก่ ข้อมูลบัส ข้อมูลโหลด และข้อมูลสายไฟฟ้า ของระบบทดสอบ

ขั้นตอนที่ 2 สร้างกลุ่มประชากรแบบคิรีเรีย และสุ่มตำแหน่งเริ่มต้นของแบบคิรีเรีย (A) โดยกำหนดให้แบบคิรีเรีย 1 ตัว แทน 3 ค่า คือ ตำแหน่งบัส ปริมาณการจ่ายกำลังไฟฟ้าจริงและปริมาณการจ่ายกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟของ DG

ขั้นตอนที่ 3 คำนวณหาค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ $J(A)$ จากตำแหน่งที่ประชากรแบบคิรีเรียแต่ละตัวอยู่ ด้วยวิธีนิวตันราฟสัน โดยใช้โปรแกรม Matpower เพื่อหาค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบ พร้อมทั้งบันทึกค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบที่คำนวณได้ไว้

ขั้นตอนที่ 4 ตรวจสอบเงื่อนไขข้อกำหนด ดังนี้

(1) ค่าแรงดันต้องไม่เกินหรือต่ำกว่าที่กำหนด หากเกินหรือต่ำกว่าจะทำการปรับโทษให้กับแบบคิรีเรีย โดยคูณค่า 100 ให้กับค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียที่คำนวณได้

(2) ค่าตัวประกอบกำลัง (power factor: P.F.) ของ DG ต้องไม่ต่ำกว่า 0.8 หากต่ำกว่าจะทำการปรับโทษให้กับแบบคิรีเรีย โดยคูณค่า 100 ให้กับค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียที่คำนวณได้

เมื่อประชากรนั้นมีค่าตรงตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ จะไม่มีการปรับโทษ ค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียจะมีค่าเท่าเดิม

ขั้นตอนที่ 5 ในขั้นตอนเคโมแทกซิส (Chemotaxis) สุ่มทิศทางการเคลื่อนที่ของแบบคิรีเรียแต่ละตัว และให้ประชากรแบบคิรีเรียเคลื่อนที่ด้วยระยะทางการเคลื่อนที่ (Step size) ตามที่กำหนดไว้ ไปยังตำแหน่งใหม่

ขั้นตอนที่ 6 คำนวณค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ $J(A)$ คือค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบของแบบคิรีเรียแต่ละตัวจากตำแหน่งใหม่

ขั้นตอนที่ 7 เปรียบเทียบค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ $J(A)$ คือค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบภายหลังจากแบบคิรีเรียเคลื่อนที่ กับค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบที่ดีที่สุดที่บันทึกไว้ในรอบก่อนหน้า ถ้าค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบภายหลังจากแบบคิรีเรียเคลื่อนที่ มีค่าน้อยกว่า ค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบที่บันทึกไว้ ให้แบบคิรีเรียเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งใหม่ตามทิศทางเดิม ให้แบบคิรีเรียเคลื่อนที่จนกว่าจะครบรอบของการว้าย หรือถ้าค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบภายหลังจากแบบคิรีเรียเคลื่อนที่ มีค่ามากกว่า ค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบที่บันทึกไว้ ให้แบบคิรีเรียหยุดการเคลื่อนที่ และบันทึกค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบที่เป็นค่าที่ดีที่สุดของแบบคิรีเรียแต่ละตัวไว้

ขั้นตอนที่ 8 ตรวจสอบว่าครบจำนวนรอบของขั้นตอนเคโมแทกซิส (Chemotaxis) ที่กำหนด ถ้าไม่ครบให้ทำขั้นตอนที่ 5 ถึง 7 อีกครั้ง จนครบตามรอบที่กำหนด

ขั้นตอนที่ 9 ในขั้นตอนการสืบพันธุ์ (Reproduction) จะทำการจัดเรียงแบบคิรีเรียตามค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบ แบ่งกลุ่มประชากรออกเป็น 2 กลุ่มที่มีขนาดประชากรแบบคิรีเรียเท่ากัน แบบคิรีเรียกลุ่มที่อยู่ในตำแหน่งทำให้ค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบมีค่ามาก จะย้ายมาอยู่ในตำแหน่งเดียวกับกลุ่มประชากรแบบคิรีเรียที่ค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบมีค่าน้อย

ขั้นตอนที่ 10 ตรวจสอบว่าครบจำนวนรอบ (Reproduction) ที่กำหนดไว้หรือไม่ ถ้ายังไม่ครบให้ทำขั้นตอนที่ 5 ถึง 9 อีกครั้ง จนครบตามรอบที่กำหนด

ขั้นตอนที่ 14 ในขั้นตอนการกำจัดและการแพร่กระจาย (Elimination and dispersal) โดยการสุ่มกำจัดแบคทีเรียแต่ละตัวออกจากตำแหน่งเดิม ตามค่าความเป็นไปได้ของการกำจัดและการแพร่กระจาย (Probability eliminate and disperse) และย้ายไปยังตำแหน่งใหม่ที่ได้จากการสุ่ม

ขั้นตอนที่ 15 ทำซ้ำขั้นตอนที่ 5 ถึง 14 อีกครั้ง จนครบตามรอบของการกำจัดและการแพร่กระจาย (Elimination and dispersal loop) ที่กำหนด

ขั้นตอนที่ 16 แสดงผลของการคำนวณของวิธีการหาคำตอบของแบคทีเรีย โดยแสดงตำแหน่งของแบคทีเรียตัวที่ดีที่สุด ซึ่งเป็นตำแหน่งบัส ปริมาณการจ่ายกำลังไฟฟ้าจริงและปริมาณการจ่ายกำลังไฟฟ้รีแอกทีฟของโรงไฟฟ้าขนาดเล็กที่ทำให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบมีค่าน้อยที่สุด

3.4 การหาขนาดและตำแหน่งติดตั้งของโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก ที่ทำให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบมีค่าน้อยที่สุด ด้วยวิธีการหาอาหารของแบคทีเรีย (BFOA)

ในอดีตมีผู้เสนอวิธีการแก้ปัญหาการหาขนาดและตำแหน่งติดตั้งของโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก ที่ทำให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบลดลงมากที่สุดหลายวิธี วิทยานิพนธ์นี้ทำการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบวิธีการหาคำตอบด้วยวิธีการหาอาหารของแบคทีเรีย (BFOA) กับวิธีการ วิธีการ Artificial bee colony (ABC) [40] วิธีการ Exhaustive load flow (ELF) และ วิธีการ Improving the analytical (IA) [17] ตัวแปรที่ต้องการค้นหาคำตอบของวิธีการหาอาหารของแบคทีเรีย มี 3 ค่า คือ ตำแหน่งบัส ปริมาณการจ่ายกำลังไฟฟ้าจริง ปริมาณการจ่ายกำลังไฟฟ้รีแอกทีฟของ DG ทำการศึกษาโดยทดสอบกับระบบ IEEE ขนาด 33 บัส [41] ที่ประกอบด้วยบัสจำนวน 33 บัส กำลังไฟฟ้าจริงของโหลดรวม 3.715 MW กำลังไฟฟ้รีแอกทีฟของโหลดรวม 2.30 MVar และและกำหนดให้ Base MVA = 100 Base kV = 12.66 บัสอ้างอิง คือ บัส 1 แรงดันไฟฟ้าที่บัส 1 เท่ากับ 1.0 เพอร์ยูนิต กำหนดให้ค่าพารามิเตอร์ของวิธีการหาอาหารของแบคทีเรีย (BFOA) ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ค่าพารามิเตอร์ของวิธีการหาอาหารของแบคทีเรีย (BFOA) เพื่อหาขนาดและตำแหน่งติดตั้งที่เหมาะสมของโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก

พารามิเตอร์	ค่าที่ใช้
ประชากรแบคทีเรีย (S)	50
จำนวนรอบของการเคลื่อนที่ในขั้นตอนเคโมแทกซิส (N_c)	50
ความยาวในการว่ายน้ำ (N_s)	4
จำนวนรอบของการสืบพันธุ์ (reproduction loop), N_{re}	4
จำนวนรอบของการกำจัดและการแพร่กระจาย (N_{ed})	2
ความเป็นไปได้ของการกำจัดและการแพร่กระจาย (P_{ed})	0.25

ตารางที่ 3.1 ค่าพารามิเตอร์ของวิธีการหาขนาดของแบคทีเรีย (BFOA) เพื่อหาขนาดและตำแหน่งติดตั้งที่เหมาะสมของโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก (ต่อ)

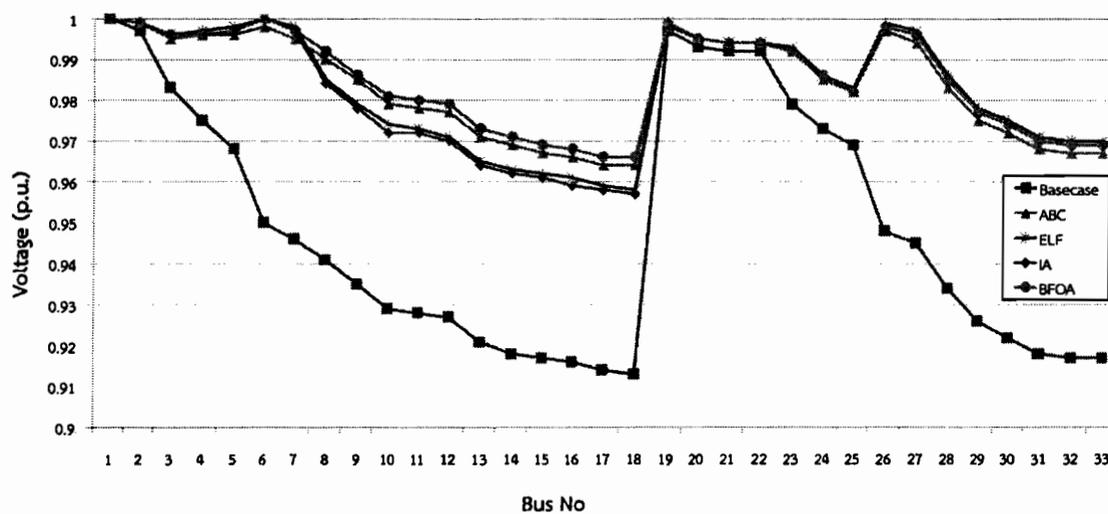
พารามิเตอร์	ค่าที่ใช้
ระยะทางในการเคลื่อนที่ของแบคทีเรีย (C(x))	
- ตำแหน่งบัส	1
- ปริมาณการจ่ายกำลังไฟฟ้าจริงของ DG	0.1
- ปริมาณการจ่ายกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟของ DG	0.1

ตารางที่ 3.2 เปรียบเทียบวิธีการหาขนาดและตำแหน่งติดตั้งของโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก ทดสอบกับระบบ IEEE ขนาด 33 บัส

วิธีการ	ABC [40]	ELF [17]	IA [17]	BFOA
ตำแหน่งบัส	6	6	6	6
ขนาดของ DG (MVA)	2.9000	3.1070	3.0284	3.0276
ค่าตัวประกอบกำลังของ DG (power factor)	0.85	0.82	0.82	0.8135
กำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ Basecase (kW)	202.668	210.20	210.20	202.69
กำลังไฟฟ้าสูญเสีย (kW)	62.88	67.90	67.98	61.46
เปอร์เซ็นต์การลดกำลังไฟฟ้าสูญเสีย	68.97	67.70	67.66	69.68
แรงดันไฟฟ้าสูงสุด (p.u.)	1	1	1	1
แรงดันไฟฟ้าต่ำสุด (p.u.)	0.964	0.958	0.957	0.966

ผลการหาขนาดและตำแหน่งติดตั้งของโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก ด้วยวิธีการหาขนาดของแบคทีเรีย (BFOA) เปรียบเทียบกับวิธีการ ABC, ELF และ IA ดังตารางที่ 3.2 พบว่าทั้ง 4 วิธีสามารถหาตำแหน่งติดตั้ง DG ได้คำตอบเหมือนกันคือที่บัส 6 เมื่อเทียบเปอร์เซ็นต์การลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียของแต่ละวิธีการกับกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ Basecase พบว่าวิธีการแบบ ABC หาขนาดของ DG ได้เท่ากับ 2.9 MVA ช่วยลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียได้ 68.97% วิธีการแบบ ELF หาขนาดของ DG ได้เท่ากับ 3.107 MVA ช่วยลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียได้ 67.90% และ วิธีการแบบ IA หาขนาดของ DG ได้เท่ากับ 3.0284 MVA ช่วยลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียได้ 67.98% โดยที่วิธีการหาขนาดของแบคทีเรีย (BFOA) หาขนาดของ DG ได้เท่ากับ 3.0276 MVA ช่วยสามารถลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียได้มากที่สุดเท่ากับ 69.68% จึงสรุปได้ว่าวิธีการหาขนาดของแบคทีเรีย (BFOA) สามารถหาขนาดและตำแหน่งติดตั้งของโรงไฟฟ้าขนาดเล็กที่ทำให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบลดลงได้มากที่สุด และพบว่าหลังการติดตั้ง DG แรงดันไฟฟ้าของระบบดีขึ้นคือ ก่อนติดตั้ง DG แรงดันไฟฟ้าต่ำสุดที่บัส 18 มีค่าเท่ากับ

0.913 p.u. และหลังติดตั้ง DG ทำให้แรงดันไฟฟ้าถูกปรับปรุงให้มีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 0.966 p.u. โดยที่แรงดันสูงสุดไม่เกินขอบเขตที่กำหนดคือเท่ากับ 1 p.u. ดังภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 เปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าจากวิธีการหาค่าตอบแต่ละวิธี

บทที่ 4

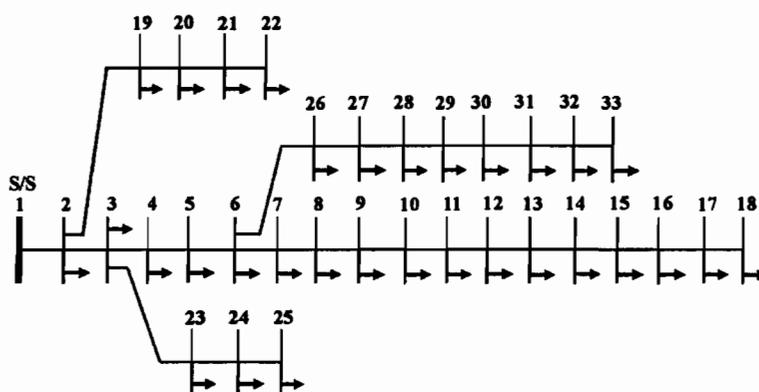
การกำหนดค่าพารามิเตอร์วิธีการ BFOA และการคัดเลือกกลุ่มคำตอบเบื้องต้น

ในบทนี้จะทำการศึกษากำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของวิธีการ BFOA ให้เหมาะสมกับปัญหา และระยะเวลาที่ใช้คำนวณ พร้อมทั้งศึกษาวิธีการวิเคราะห์หาค่า Factor ที่ใช้ในการคัดเลือกกลุ่มคำตอบของตำแหน่งติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก และจะช่วยลดขอบเขตของกลุ่มคำตอบที่ต้องการค้นหา ร่วมกับการใช้วิธีการ BFOA เพื่อหาคำตอบหาขนาดและตำแหน่งติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็กที่ทำให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบมีค่าน้อยที่สุด

4.1 การทดสอบหาค่าพารามิเตอร์ของวิธีการ BFOA ที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการหาขนาดและติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก

วิธีการ BFOA มีค่าพารามิเตอร์ที่จำเป็นสำหรับการหาคำตอบหลายค่า ที่มีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของวิธีการ BFOA เพื่อให้ได้ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการแก้ปัญหาการหาขนาดและตำแหน่งติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็กที่ทำให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบมีค่าน้อยที่สุด ดังนั้นวิทยานิพนธ์นี้จึงได้ทำการศึกษาโดยการทดสอบอัลกอริทึมเพื่อกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของวิธีการ BFOA ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ทดสอบมีจำนวน 5 ค่า คือ ขนาดของจำนวนประชากรแบคทีเรีย (number of bacteria: S) จำนวนรอบของการเคลื่อนที่ในขั้นตอนเคโมแทกซิส (number of chemotactic steps: N_c) ความยาวในการว่ายน้ำ (swimming length: N_s) จำนวนรอบของการสืบพันธุ์ (number of reproduction steps: N_{re}) จำนวนรอบของการกำจัดและการแพร่กระจาย (number of elimination and dispersal events: N_{ed}) ส่วนค่าความเป็นไปได้ของการกำจัดและการแพร่กระจาย (probability of elimination and dispersal: P_{ed}) เท่ากับ 0.25 ระยะทางในการเคลื่อนที่ของแบคทีเรีย (unit length runs for every bacterium: $C(x)$) ประกอบด้วย ระยะทางในการเคลื่อนที่ของแบคทีเรียเพื่อหา ตำแหน่งบัส ปริมาณการจ่ายกำลังไฟฟ้าจริงและปริมาณการจ่ายกำลังไฟฟ้านอกที่โรงไฟฟ้าขนาดเล็ก จะเป็นค่าคงที่ เท่ากับ 1, 0.1, 0.1 ตามลำดับ

วิทยานิพนธ์นี้ ได้ทำการทดสอบการกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของวิธีการ BFOA เพื่อหาขนาดและตำแหน่งของโรงไฟฟ้าที่เหมาะสมที่ทำให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบมีค่าต่ำที่สุด โดยทดสอบกับระบบ IEEE ขนาด 33 บัส [41] แสดงดังภาพที่ 4.1 ระบบดังกล่าวเป็นระบบจำหน่ายไฟฟ้าแบบเรเดียล มีจำนวนบัสทั้งหมด 33 บัส และกำหนดให้ Base MVA เท่ากับ 100 Base KV เท่ากับ 12.66 บัสอ้างอิง คือ บัส 1 แรงดันไฟฟ้าที่บัส 1 เท่ากับ 1.0 เพอร์ยูนิต ข้อมูลกำลังไฟฟ้าจริงของโหลดรวม 3.715 MW กำลังไฟฟ้านอกที่ของโหลดรวม 2.30 MVar กำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบในสถานะปกติ (Base Case) เท่ากับ 202.69 kW ดังภาพที่ 4.1



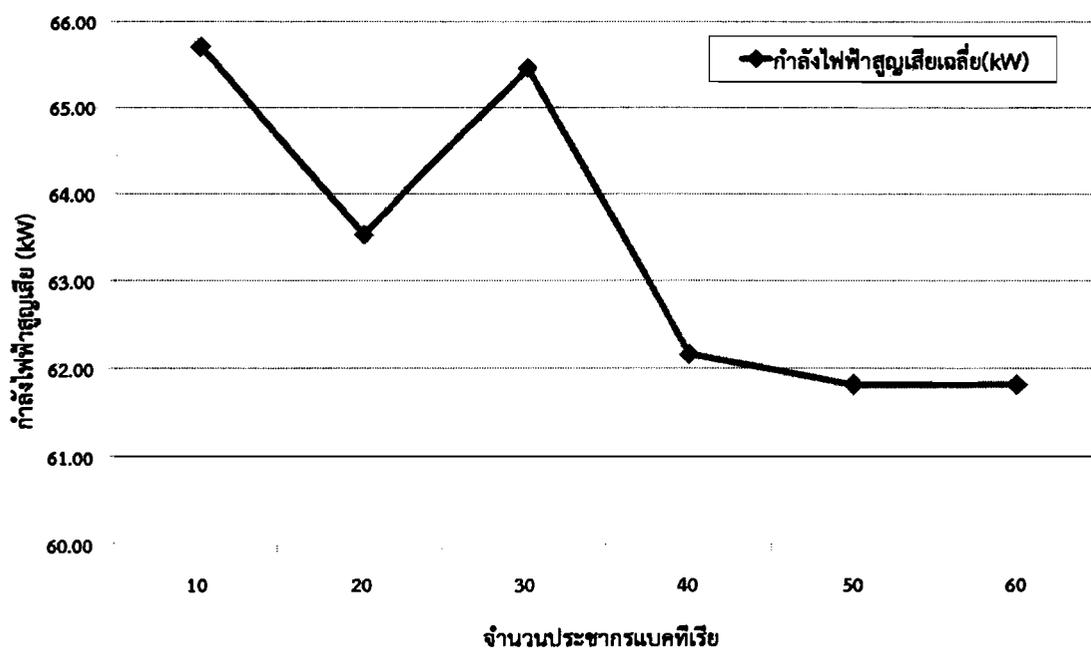
ภาพที่ 4.1 ระบบทดสอบ IEEE ขนาด 33 บัส

4.1.1 การทดสอบเพื่อหาขนาดของประชากรแบคทีเรีย (Number of bacteria)

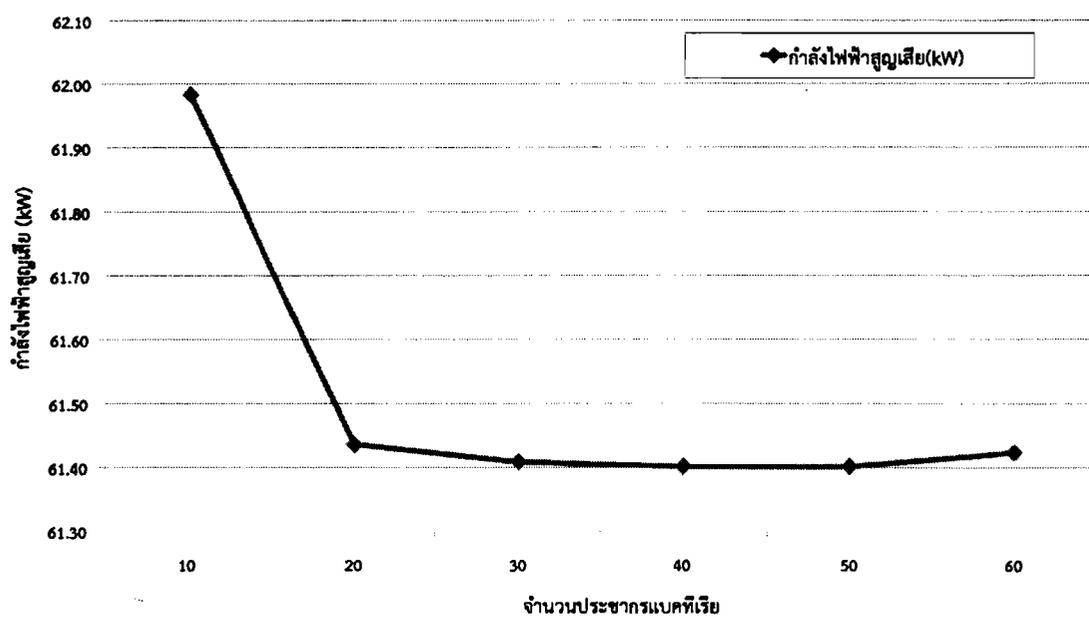
ทดสอบหาขนาดของประชากรแบคทีเรียที่เหมาะสมที่จะทำให้ได้คำตอบที่มีแนวโน้มที่ดีที่สุด ซึ่งขนาดของประชากรแบคทีเรียมีผลกับเวลาในการหาคำตอบ เนื่องจากจำนวนประชากรการค้นหาคำตอบแปรผันตามเวลา ยิ่งจำนวนประชากรมากจะทำให้ใช้เวลาในการหาคำตอบมากขึ้น โดยกำหนดค่าตั้งต้นของจำนวนตัวแปรอื่นๆ ของวิธีการ BFOA ดังนี้ จำนวนรอบของการเคลื่อนที่ในขั้นตอนเคโมแทกซิส (N_c) เท่ากับ 100 ความยาวในการว่ายน้ำ (N_s) เท่ากับ 4 จำนวนรอบของการสืบพันธุ์ (N_r) เท่ากับ 4 จำนวนรอบของการกำจัดและการแพร่กระจาย (N_{d}) เท่ากับ 2 ระยะทางการเคลื่อนที่ของแบคทีเรีย (step size) $C(x)$ ได้แก่ ตำแหน่งบัส ปริมาณการจ่ายกำลังไฟฟ้าจริงและปริมาณการจ่ายกำลังไฟฟ้านอกที่ฟ ของ DG กำหนดให้มีค่าเท่ากับ 1, 0.1 และ 0.01 ตามลำดับ ค่าความเป็นไปได้ของการกำจัดและการแพร่กระจาย (P_{d}) เท่ากับ 0.25 โดยให้จำนวนประชากรแบคทีเรียเพิ่มขึ้นทีละ 10 และทำการหาคำตอบจากกลุ่มประชากรแบคทีเรียนั้น 10 ครั้ง เพื่อหาขนาดประชากรแบคทีเรีย ที่ใช้หาคำตอบของปัญหาการหาขนาดและตำแหน่งติดตั้งโรงไฟฟ้าที่เหมาะสมโดยวิธีการหาอาหารของแบคทีเรีย (BFOA) แสดงผลการทดสอบดังตารางที่ 4.1 และ ภาพที่ 4.2-4.5

ตารางที่ 4.1 การทดสอบเพื่อหาขนาดประชากรแบคทีเรีย (S)

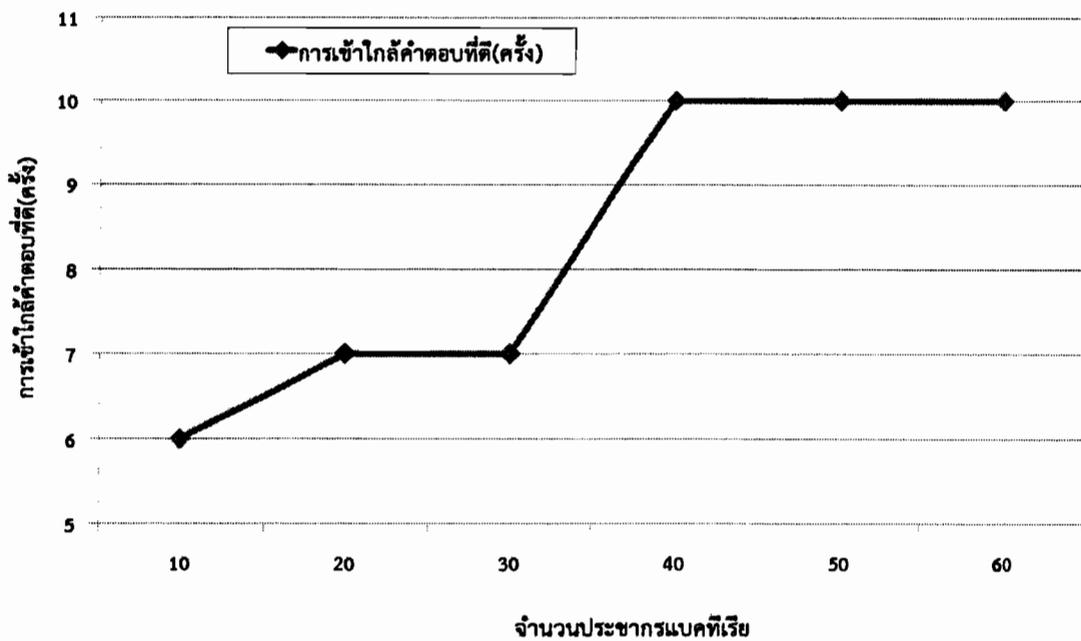
S	ค่าเฉลี่ยกำลังไฟฟ้าสูญเสียจากการหาคำตอบ 10 ครั้ง (kW)	กำลังไฟฟ้าสูญเสีย น้อยที่สุด (kW)	การเข้าใกล้คำตอบที่ดีที่สุด (ครั้ง)	เวลาในการหาคำตอบ(นาท)
10	65.71	61.98	6	2.54
20	63.53	61.44	7	5.06
30	65.46	61.41	7	7.73
40	62.16	61.40	10	10.42
50	61.81	61.40	10	13.61
60	61.82	61.42	10	16.01



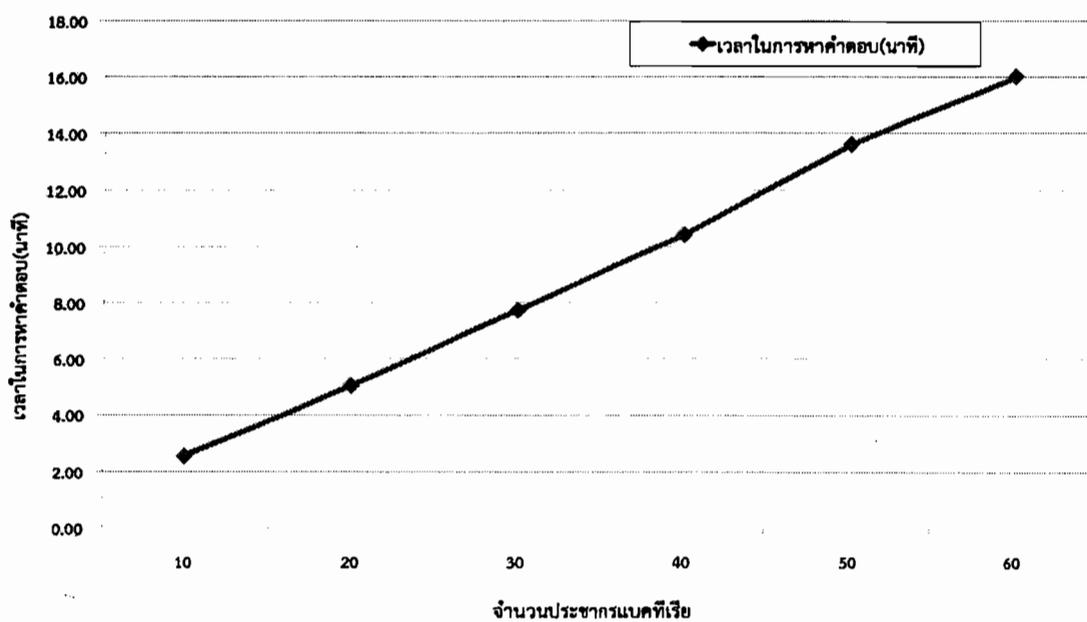
ภาพที่ 4.2 กำลังไฟฟ้าสูญเสียเฉลี่ยจากการหาคำตอบ 10 ครั้ง ของการทดสอบจำนวนประชากรแบบครัวเรือน



ภาพที่ 4.3 กำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ดีที่สุดจากการหาคำตอบ 10 ครั้ง ของการทดสอบจำนวนประชากรแบบครัวเรือน



ภาพที่ 4.4 จำนวนครั้งการเข้าใกล้คำตอบที่ดีจากการหาคำตอบ 10 ครั้ง ของการทดสอบจำนวนประชากรแบคทีเรีย



ภาพที่ 4.5 เวลาที่ใช้ในการหาคำตอบของการทดสอบจำนวนประชากรแบคทีเรีย

สรุปผลการทดสอบขนาดของประชากรแบคทีเรีย ซึ่งประชากรแบคทีเรีย 1 ตัว แทน 3 ตัวแปร ที่ต้องการค้นหา 3 ค่า คือ ตำแหน่งบัส ปริมาณการจ่ายกำลังไฟฟ้าจริงและปริมาณการจ่ายกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก เมื่อทำการหาคำตอบขนาดของประชากรแบคทีเรีย พบว่า

กำลังไฟฟ้าสูญเสียเฉลี่ยที่ดีที่สุดในการหาคำตอบ 10 ครั้ง อยู่ที่จำนวนประชากรแบคทีเรีย เท่ากับ 50 ดังภาพที่ 4.2 กำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ดีที่สุดในการหาคำตอบ 10 ครั้ง อยู่ที่จำนวนประชากรแบคทีเรีย เท่ากับ 40 และ 50 ดังภาพที่ 4.3 จำนวนครั้งการเข้าใกล้คำตอบที่ตีมากที่สุด (เข้าใกล้ทั้ง 10 ครั้ง) อยู่ที่จำนวนประชากรแบคทีเรีย เท่ากับ 40, 50 และ 60 โดยให้ค่าคำตอบที่ได้อยู่ในช่วง $\pm 5\%$ จากคำตอบที่ดีที่สุด ดังภาพที่ 4.4 แต่เนื่องจากจำนวนประชากรแบคทีเรียแปรผันตามเวลาทำให้ประชากรแบคทีเรียที่มีค่าน้อยสามารถหาคำตอบได้เร็วกว่าประชากรแบคทีเรียที่มีค่ามาก ดังภาพที่ 4.5 ดังนั้นจึงเลือกใช้จำนวนประชากรแบคทีเรีย เท่ากับ 40 เนื่องจากมีแนวโน้มที่สามารถได้คำตอบคือ กำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ดี และใช้ระยะเวลาคำนวณไม่นาน เหมาะสมที่จะนำไปหาคำตอบปัญหาการหาขนาดและตำแหน่งติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็กด้วยวิธีหาอาหารของแบคทีเรียเพื่อลดค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบ

4.1.2 การทดสอบเพื่อหาจำนวนรอบของการเคลื่อนที่ในขั้นตอนเคโมแทกซิส (N_c)

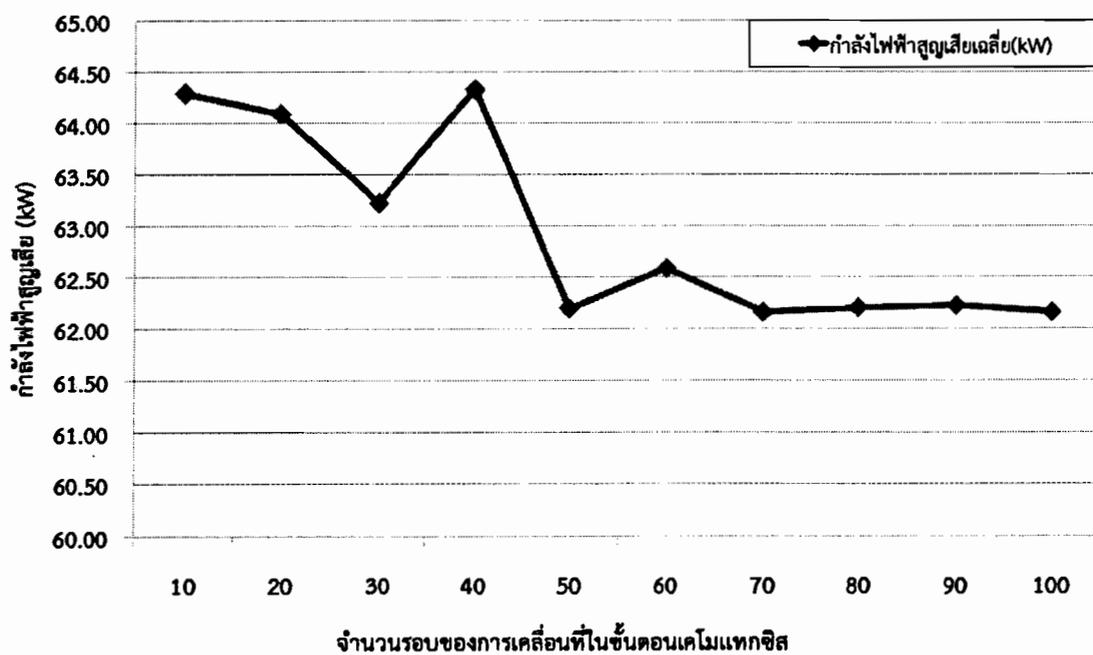
ทดสอบหาจำนวนรอบของการเคลื่อนที่ในขั้นตอนเคโมแทกซิส ที่เหมาะสมที่จะทำให้ได้คำตอบที่มีแนวโน้มที่ดีที่สุด กำหนดให้จำนวนประชากรแบคทีเรีย เท่ากับ 40 ซึ่งจำนวนประชากรแบคทีเรียเป็นคำตอบที่ได้จากการทดสอบ 4.1.1 ความยาวในการว่ายน้ำ (N_s) เท่ากับ 4 จำนวนรอบของการสืบพันธุ์ (N_r) เท่ากับ 4 จำนวนรอบของการกำจัดและการแพร่กระจาย (N_{cd}) เท่ากับ 2 ระยะทางในการเคลื่อนที่ของแบคทีเรีย (step size) $C(x)$ ได้แก่ ตำแหน่งบัส ปริมาณการจ่ายกำลังไฟฟ้าจริงและปริมาณการจ่ายกำลังไฟฟ้รีแอกทีฟ ของ DG กำหนดให้มีค่าเท่ากับ 1, 0.1 และ 0.1 ตามลำดับ และใช้ความเป็นไปได้ของการกำจัดและการแพร่กระจาย (P_{cd}) เท่ากับ 0.25 โดยให้จำนวนรอบของการเคลื่อนที่ในขั้นตอนเคโมแทกซิส (N_c) เพิ่มขึ้นทีละ 10 และทำการหาคำตอบจากจำนวนรอบของการเคลื่อนที่ในขั้นตอนเคโมแทกซิส (N_c) นั้น 10 ครั้ง เพื่อหาจำนวนรอบของการเคลื่อนที่ในขั้นตอนเคโมแทกซิส ที่ใช้หาคำตอบของปัญหาการหาขนาดและตำแหน่งติดตั้งโรงไฟฟ้าที่เหมาะสมโดยวิธีการหาอาหารของแบคทีเรีย (BFOA) แสดงผลการทดสอบดังตารางที่ 4.2 และ ภาพที่ 4.6 - 4.9

ตารางที่ 4.2 การทดสอบเพื่อหาจำนวนรอบของการเคลื่อนที่ในขั้นตอนเคโมแทกซิส (N_c)

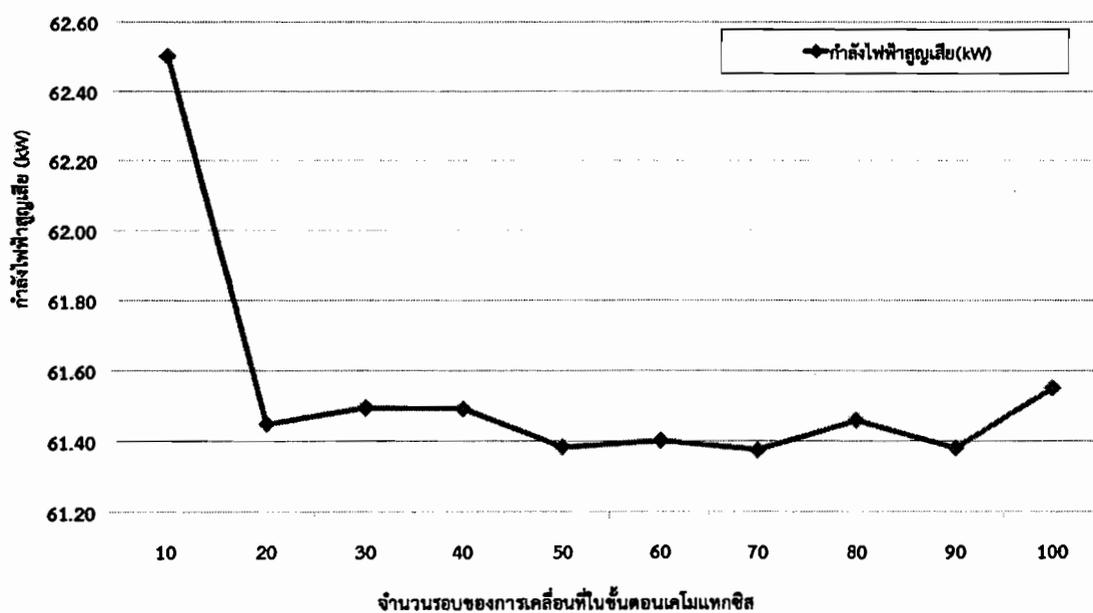
N_c	ค่าเฉลี่ยกำลังไฟฟ้าสูญเสียจากการหาคำตอบ 10 ครั้ง (kW)	กำลังไฟฟ้าสูญเสีย น้อยที่สุด (kW)	การเข้าใกล้คำตอบที่ดี (ครั้ง)	เวลาในการหาคำตอบ(นาท)
10	64.29	62.50	6	1.68
20	64.09	61.45	5	3.48
30	63.22	61.49	7	5.04
40	64.33	61.49	8	6.72
50	62.20	61.38	10	8.40
60	62.59	61.40	10	10.21

ตารางที่ 4.2 การทดสอบเพื่อหาจำนวนรอบของการเคลื่อนที่ในชั้นตอนเคโมแทกซิส (N_c) (ต่อ)

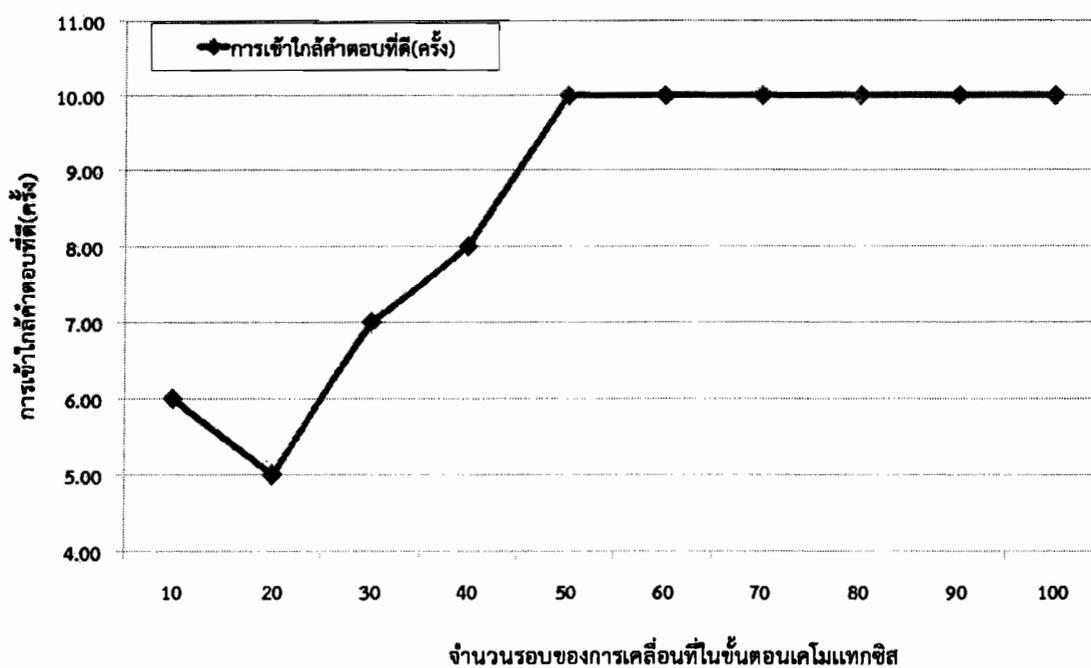
N_c	ค่าเฉลี่ยกำลังไฟฟ้าสูญเสียจากการหาคำตอบ 10 ครั้ง (kW)	กำลังไฟฟ้าสูญเสียน้อยที่สุด (kW)	การเข้าใกล้คำตอบที่ดี (ครั้ง)	เวลาในการหาคำตอบ(นาที)
70	62.16	61.38	10	11.85
80	62.20	61.46	10	13.57
90	62.23	61.38	10	15.33
100	62.16	61.55	10	16.98



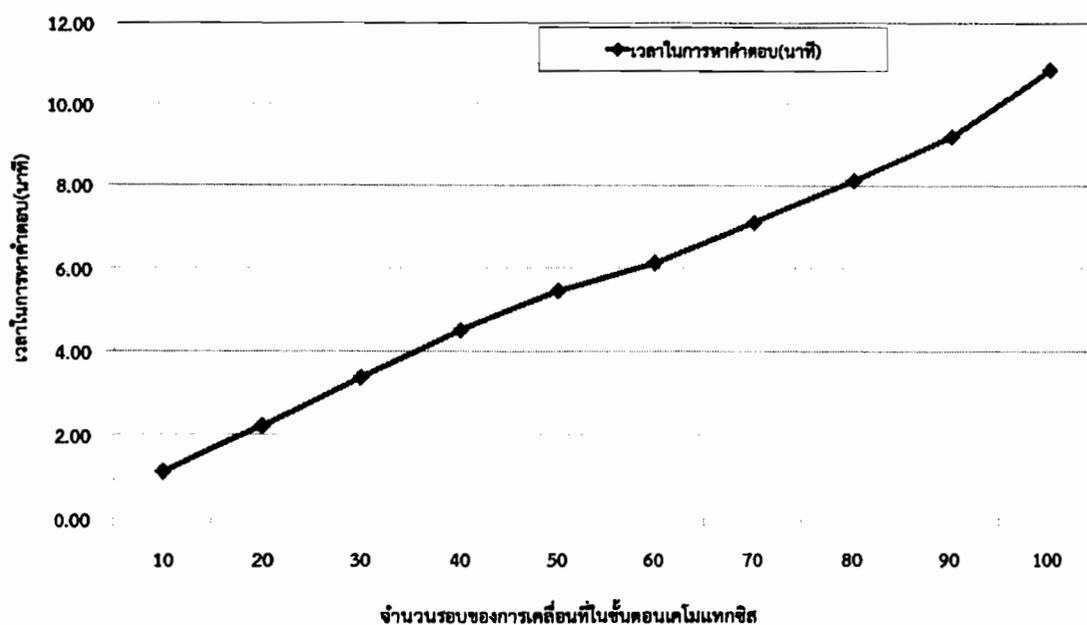
ภาพที่ 4.6 กำลังไฟฟ้าสูญเสียเฉลี่ยจากการหาคำตอบ 10 ครั้ง ของการทดสอบจำนวนรอบของการเคลื่อนที่ในชั้นตอนเคโมแทกซิส



ภาพที่ 4.7 กำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ดีที่สุดจากการหาคำตอบ 10 ครั้ง ของการทดสอบจำนวนรอบของการเคลื่อนที่ในชั้นตอมเคโมแทกซิส



ภาพที่ 4.8 จำนวนครั้งการเข้าใกล้คำตอบที่ดีจากการหาคำตอบ 10 ครั้ง ของการทดสอบจำนวนรอบของการเคลื่อนที่ในชั้นตอมเคโมแทกซิส



ภาพที่ 4.9 เวลาที่ใช้ในการหาคำตอบของการทดสอบจำนวนรอบของการเคลื่อนที่ในชั้นตอนเคโมแทกซิส

สรุปผลการทดสอบหาจำนวนรอบของเกรเคลื่อนที่ในชั้นตอนเคโมแทกซิส ซึ่งการเคลื่อนที่ในชั้นตอนเคโมแทกซิส คือ พฤติกรรมการเคลื่อนที่ไปตามทิศทางที่มีกำลังไฟฟ้าสูญเสียน้อย หากเจอบริเวณที่มีความเข้มข้นมากกว่าเดิม แบคทีเรียจะหยุดการเคลื่อนที่และสุมทิศทางเคลื่อนที่ใหม่ เมื่อทำการหาคำตอบจำนวนรอบของการเคลื่อนที่ในชั้นตอนเคโมแทกซิส พบว่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียเฉลี่ยที่ดีที่สุดในการหาคำตอบ 10 ครั้ง อยู่ที่จำนวนรอบของการเคลื่อนที่ในชั้นตอนเคโมแทกซิส เท่ากับ 70 และ 100 ดังภาพที่ 4.6 และกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ดีที่สุดในการหาคำตอบ 10 ครั้ง อยู่ที่จำนวนรอบของการเคลื่อนที่ในชั้นตอนเคโมแทกซิส เท่ากับ 50 ดังภาพที่ 4.7 จำนวนครั้งการเข้าใกล้คำตอบที่ดีที่สุด (เข้าใกล้ทั้ง 10 ครั้ง) อยู่ที่จำนวนประชากรแบคทีเรีย เท่ากับ 50, 60, 70, 80, 90 และ 100 โดยให้ค่าคำตอบที่ติดอยู่ในช่วง $\pm 5\%$ จากคำตอบที่ดีที่สุดดังภาพที่ 4.8 แต่เนื่องจากจำนวนรอบของการเคลื่อนที่ในชั้นตอนเคโมแทกซิสแปรผันตามเวลาทำให้จำนวนรอบของการเคลื่อนที่ในชั้นตอนเคโมแทกซิสที่มีค่าน้อยสามารถหาคำตอบได้เร็วกว่าจำนวนรอบของการเคลื่อนที่ในชั้นตอนเคโมแทกซิสที่มีค่ามาก ดังภาพที่ 4.9 ดังนั้นจึงเลือกใช้จำนวนรอบของการเคลื่อนที่ในชั้นตอนเคโมแทกซิส เท่ากับ 50 เนื่องจากมีแนวโน้มที่สามารถได้คำตอบคือกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ดี และใช้ระยะเวลาคำนวณไม่นาน เหมาะสมที่จะนำไปหาคำตอบปัญหาการหาขนาดและตำแหน่งติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็กด้วยวิธีหาอาหารของแบคทีเรียเพื่อลดค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบ

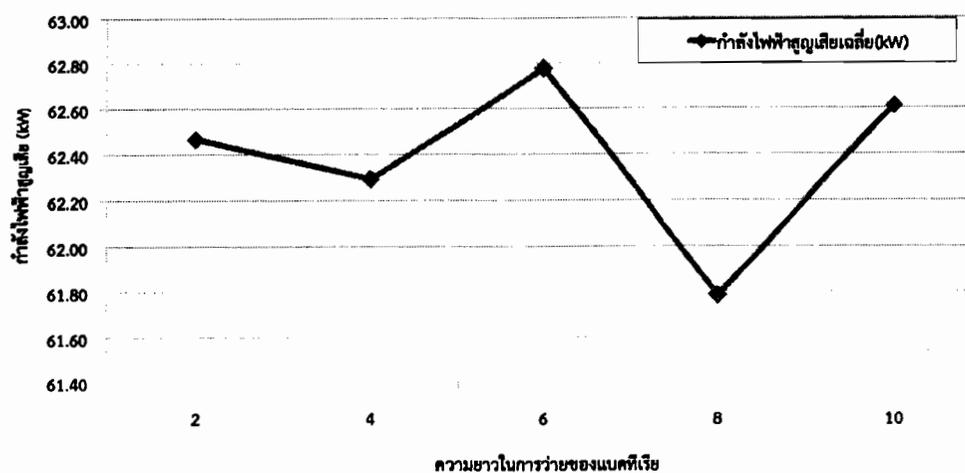
4.1.3 การทดสอบเพื่อหาความยาวในการว่ายน้ำของแบคทีเรีย (N_s)

ทดสอบหาความยาวในการว่ายน้ำของแบคทีเรียที่เหมาะสมที่จะทำให้ได้คำตอบที่มีแนวโน้มที่ดีที่สุด กำหนดให้จำนวนประชากรแบคทีเรีย เท่ากับ 40 คำนวณได้จากข้อ 4.1.1 จำนวนรอบของการเคลื่อนที่ในชั้นตอนเคโมแทกซิส (N_c) เท่ากับ 50 คำนวณได้จากข้อ 4.1.2 จำนวนรอบของการ

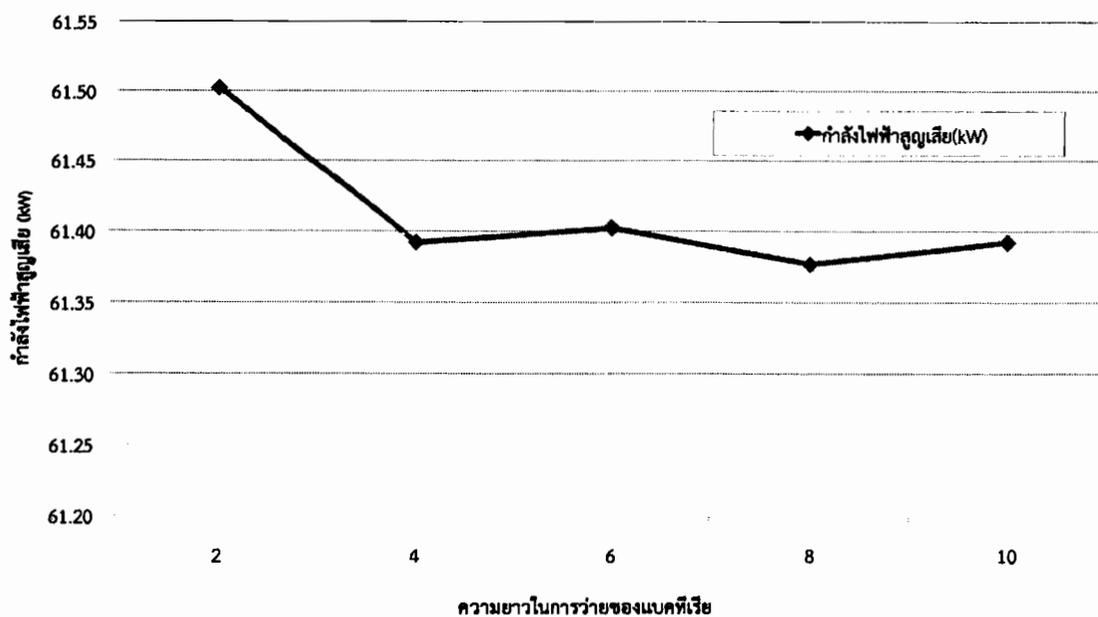
สืบพันธุ์ (N_s) เท่ากับ 4 จำนวนรอบของการกำจัดและการแพร่กระจาย (N_{cd}) เท่ากับ 2 ระยะทางในการเคลื่อนที่ของแบคทีเรีย (step size) $C(x)$ ได้แก่ ตำแหน่งบัส ปริมาณการจ่ายกำลังไฟฟ้าจริง และปริมาณการจ่ายกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ ของ DG กำหนดให้มีค่าเท่ากับ 1, 0.1 และ 0.1 ตามลำดับ และใช้ความเป็นไปได้ของการกำจัดและการแพร่กระจาย (P_{cd}) เท่ากับ 0.25 โดยให้ความยาวในการว่ายของแบคทีเรีย (N_s) เพิ่มขึ้นทีละ 2 และทำการหาคำตอบจากความยาวในการว่ายของแบคทีเรีย (N_s) นั้น 10 ครั้ง เพื่อหาความยาวในการว่ายของแบคทีเรีย ที่ใช้หาคำตอบของปัญหาการหาขนาดและตำแหน่งติดตั้งโรงไฟฟ้าที่เหมาะสมโดยวิธีการหาอาหารของแบคทีเรีย (BFOA) แสดงผลการทดสอบดังตารางที่ 4.3 และ ภาพที่ 4.10 - 4.13

ตารางที่ 4.3 การทดสอบความยาวในการว่ายของแบคทีเรีย (N_s)

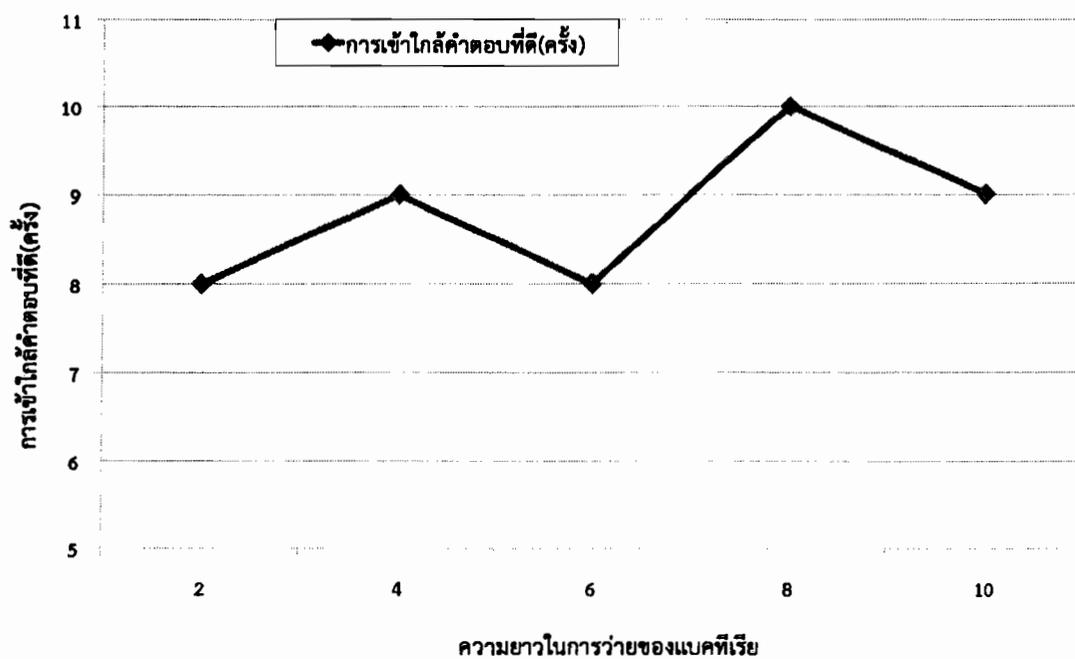
N_s	ค่าเฉลี่ยกำลังไฟฟ้าสูญเสียจากการหาคำตอบ 10 ครั้ง (kW)	กำลังไฟฟ้าสูญเสีย น้อยที่สุด (kW)	การเข้าใกล้คำตอบที่ดี (ครั้ง)	เวลาในการหาคำตอบ(นาท)
2	62.47	61.50	15.65	2
4	62.29	61.39	15.59	4
6	62.77	61.40	15.55	6
8	61.79	61.38	15.71	8
10	62.61	61.39	15.84	10



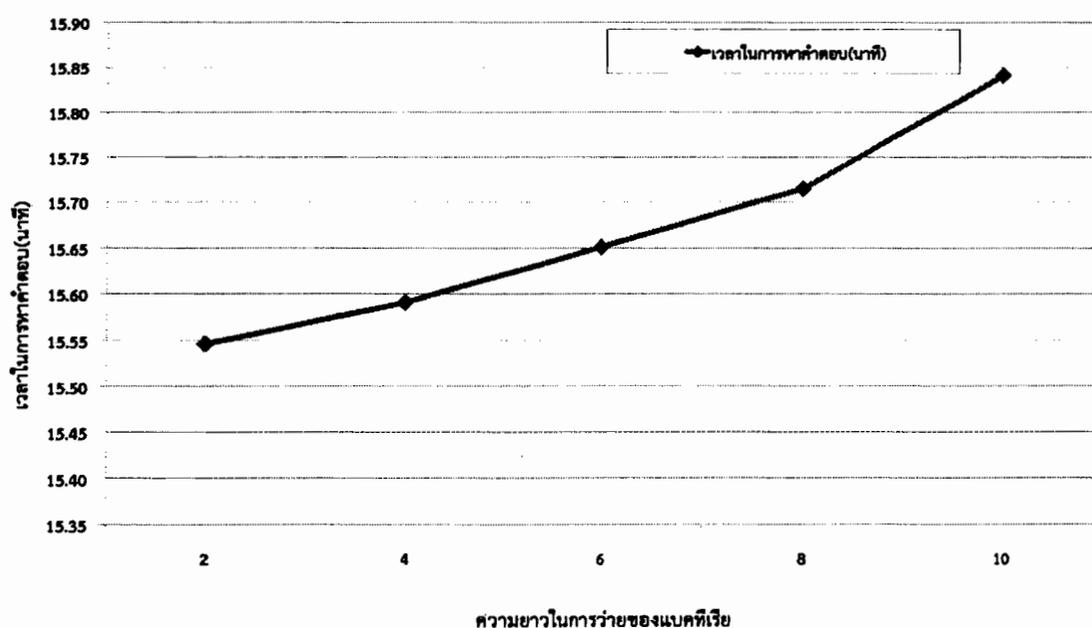
ภาพที่ 4.10 กำลังไฟฟ้าสูญเสียเฉลี่ยจากการหาคำตอบ 10 ครั้ง ของการทดสอบความยาวในการว่ายของแบคทีเรีย



ภาพที่ 4.11 กำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ดีที่สุดจากการหาคำตอบ 10 ครั้ง ของการทดสอบความยาวในการวิ่งของแบคทีเรีย



ภาพที่ 4.12 จำนวนครั้งการเข้าใกล้คำตอบที่ดีจากการหาคำตอบ 10 ครั้ง ของการทดสอบความยาวในการวิ่งของแบคทีเรีย



ภาพที่ 4.13 เวลาที่ใช้ในการหาค่าตอบของการทดสอบความยาวในการวิ่งของแบคทีเรีย

สรุปผลการทดสอบหาความยาวในการวิ่งของแบคทีเรีย ซึ่งแบคทีเรียจะเคลื่อนที่จะกว่าจะครบรอบการวิ่ง หรือถ้ากำลังไฟฟ้าสูญเสียในตำแหน่งที่แบคทีเรียอยู่ มีค่ามากกว่าค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบที่บันทึกไว้ แบคทีเรียก็จะหยุดการเคลื่อนที่ เมื่อทำการหาค่าตอบความยาวในการวิ่งของแบคทีเรีย พบว่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียเฉลี่ยที่ดีที่สุด และกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ดีที่สุดในการหาค่าตอบ 10 ครั้ง มีความยาวในการวิ่งของแบคทีเรีย เท่ากับ 8 ดังภาพที่ 4.10 - 4.11 จำนวนครั้งการเข้าใกล้ค่าตอบที่ดีที่สุด (เข้าใกล้ทั้ง 10 ครั้ง) อยู่ที่ความยาวในการวิ่งของแบคทีเรีย เท่ากับ 8 โดยให้ค่าคำตอบที่ได้อยู่ในช่วง $\pm 5\%$ จากคำตอบที่ดีที่สุด ดังภาพที่ 4.12 แต่เนื่องจากความยาวในการวิ่งของแบคทีเรียแปรผันตามเวลา ทำให้ความยาวในการวิ่งของแบคทีเรียที่มีค่าน้อยสามารถหาค่าตอบได้เร็วกว่าความยาวในการวิ่งของแบคทีเรียที่มีค่ามาก ดังภาพที่ 4.13 ดังนั้นจึงเลือกใช้ความยาวในการวิ่งของแบคทีเรีย เท่ากับ 8 เนื่องจากมีแนวโน้มที่สามารถได้คำตอบคือกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ดีที่สุด และใช้ระยะเวลาคำนวณไม่นาน เหมาะสมที่จะนำไปหาค่าตอบปัญหาการหาขนาดและตำแหน่งติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็กด้วยวิธีหาอาหารของแบคทีเรียเพื่อลดค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบ

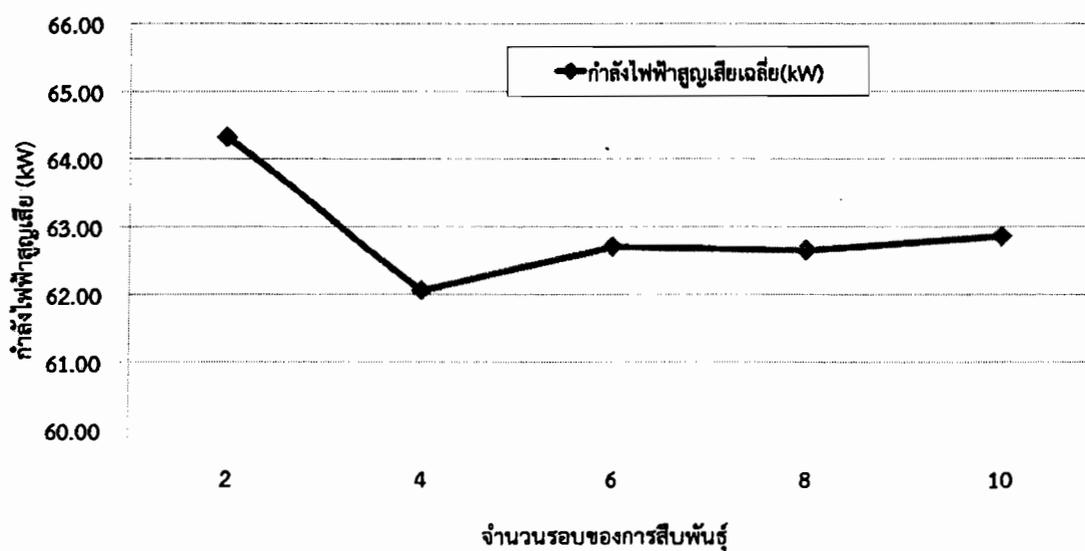
4.1.4 การทดสอบเพื่อหาจำนวนรอบของการสืบพันธุ์ (N_{re})

การทดสอบหาจำนวนรอบของการสืบพันธุ์ที่เหมาะสมที่จะทำให้ได้คำตอบที่มีแนวโน้มที่ดีที่สุด กำหนดให้จำนวนประชากรแบคทีเรีย เท่ากับ 40 คำนวณได้จากข้อ 4.1.1 จำนวนรอบของการเคลื่อนที่ในขั้นตอนเคโมแทกซิส (N_c) เท่ากับ 50 คำนวณได้จากข้อ 4.1.2 ความยาวในการวิ่ง (N_s) เท่ากับ 8 คำนวณได้จากข้อ 4.1.3 จำนวนรอบของการกำจัดและการแพร่กระจาย (N_{ed}) เท่ากับ 2 ระยะทางในการเคลื่อนที่ของแบคทีเรีย (step size) $C(x)$ ได้แก่ ตำแหน่งบัส ปริมาณการจ่ายกำลังไฟฟ้าจริงและปริมาณการจ่ายกำลังไฟฟ้าน็อคทีฟ ของ DG กำหนดให้มีค่าเท่ากับ 1, 0.1 และ 0.1 ตามลำดับ และใช้ความเป็นไปได้ของการกำจัดและการแพร่กระจาย (P_{ed}) เท่ากับ 0.25 โดย

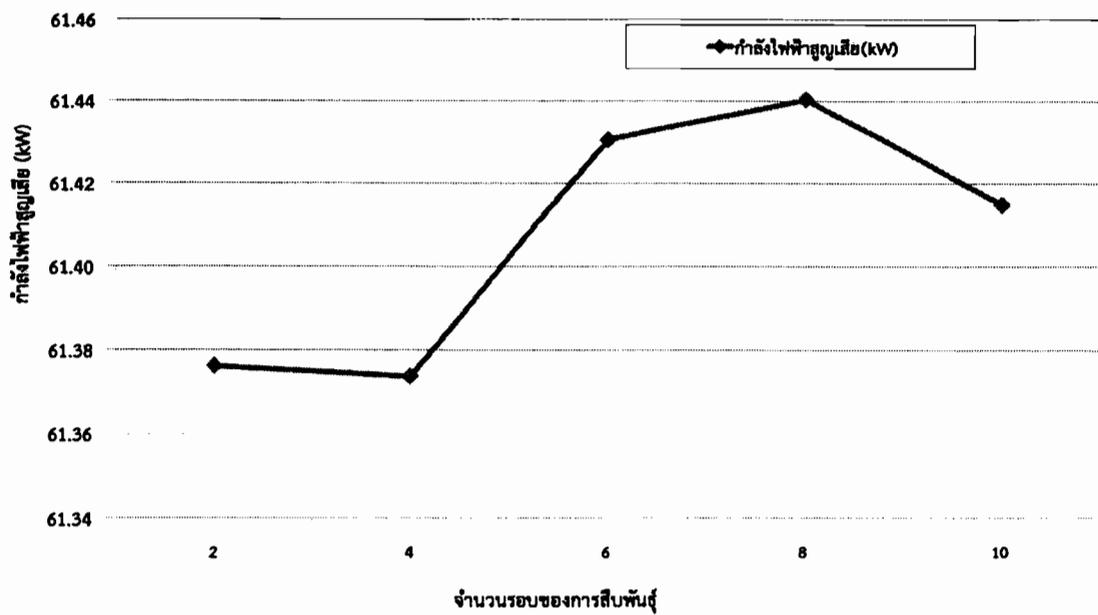
ให้จำนวนรอบของการสืบพันธุ์ (N_{re}) เพิ่มขึ้นที่ละ 2 และทำการหาคำตอบจากจำนวนรอบของการสืบพันธุ์ (N_{re}) นั้น 10 ครั้ง เพื่อหาจำนวนรอบของการสืบพันธุ์ของแบคทีเรีย ในการนำไปใช้หาคำตอบการหาขนาดและตำแหน่งติดตั้งโรงไฟฟ้าที่เหมาะสมโดยวิธีการหาอาหารของแบคทีเรีย (BFOA) แสดงผลการทดสอบดังตารางที่ 4.4 และ ภาพที่ 4.14 - 4.17

ตารางที่ 4.4 การทดสอบเพื่อหาจำนวนรอบของการสืบพันธุ์ (N_{re})

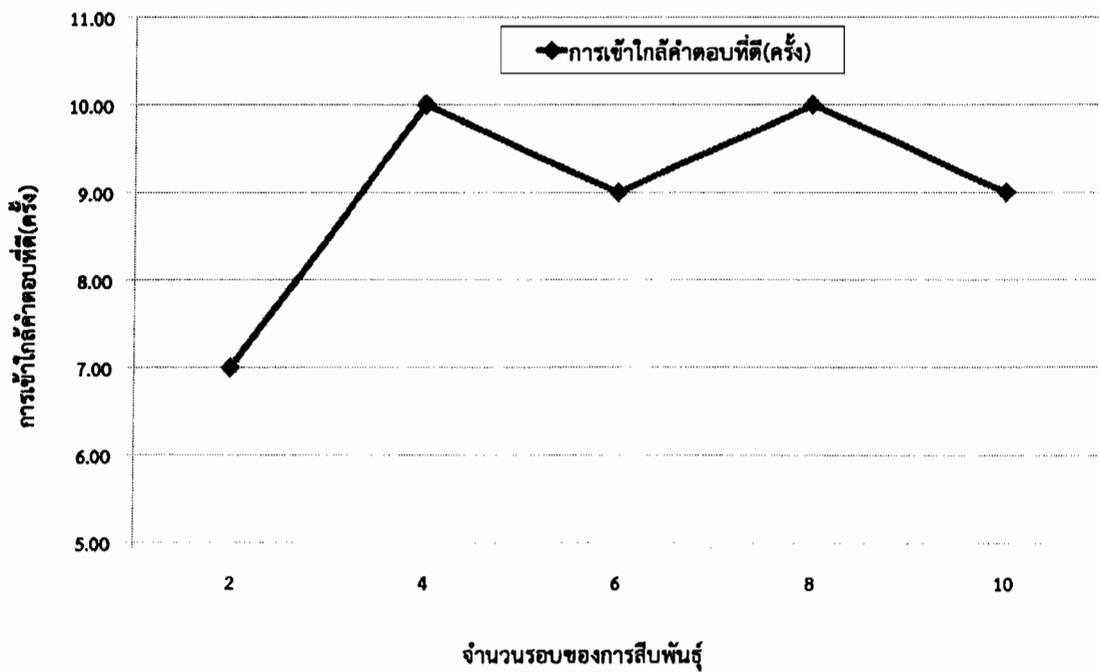
N_{re}	ค่าเฉลี่ยกำลังไฟฟ้าสูญเสียจากการหาคำตอบ 10 ครั้ง (kW)	กำลังไฟฟ้าสูญเสีย น้อยที่สุด (kW)	การเข้าใกล้ คำตอบที่ดี (ครั้ง)	เวลาในการหาคำตอบ(นาท)
2	64.33	61.38	7	2.53
4	62.06	61.37	10	5.11
6	62.70	61.43	9	7.94
8	62.65	61.44	10	10.84
10	62.86	61.41	9	15.16



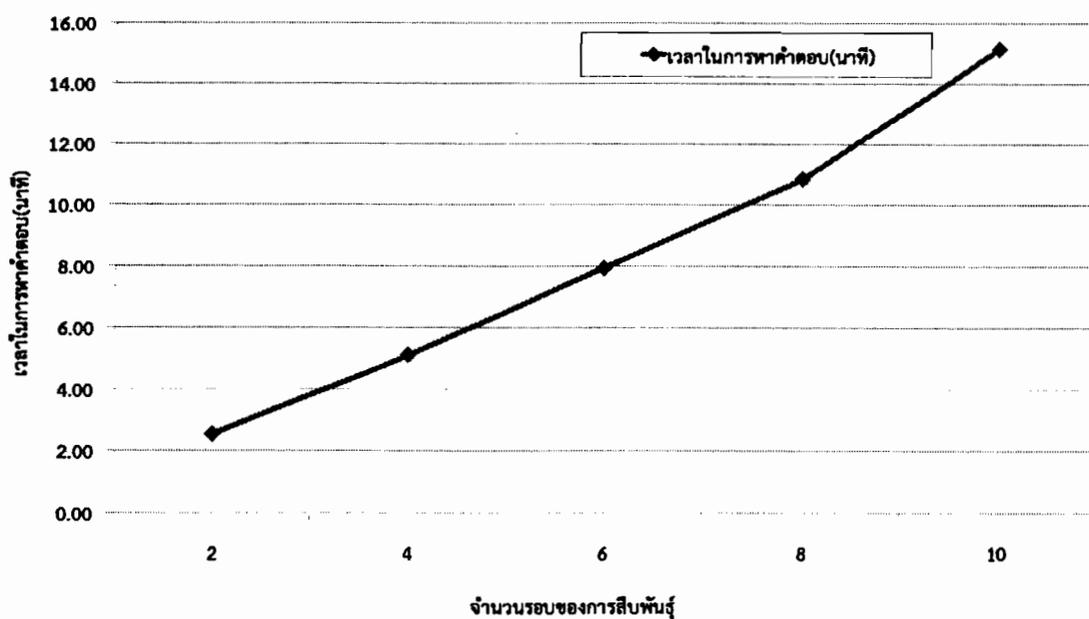
ภาพที่ 4.14 กำลังไฟฟ้าสูญเสียเฉลี่ยจากการหาคำตอบ 10 ครั้ง ของการทดสอบจำนวนรอบของการสืบพันธุ์ของแบคทีเรีย



ภาพที่ 4.15 กำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ดีที่สุดจากการหาคำตอบ 10 ครั้ง ของการทดสอบจำนวนรอบของการสืบพันธุ์ของแบคทีเรีย



ภาพที่ 4.16 จำนวนครั้งการเข้าใกล้คำตอบที่ดีจากการหาคำตอบ 10 ครั้ง ของการทดสอบจำนวนรอบของการสืบพันธุ์ของแบคทีเรีย



ภาพที่ 4.17 เวลาที่ใช้ในการหาคำตอบของการทดสอบจำนวนรอบของการสืบทันธุ์ของแบบคทีเรีย

สรุปผลการทดสอบหาจำนวนรอบของการสืบทันธุ์ของแบบคทีเรีย ซึ่งวิธีการการสืบทันธุ์ของแบบคทีเรีย คือการแบ่งกลุ่มประชากรออกเป็น 2 กลุ่มเท่าๆกัน และให้แบบคทีเรียกลุ่มที่อยู่ในตำแหน่งทำให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียมีค่ามาก ย้ายมาอยู่ในตำแหน่งเดียวกับกลุ่มประชากรแบบคทีเรียที่มีกำลังไฟฟ้าสูญเสียน้อย เมื่อทำการหาคำตอบจำนวนรอบของการสืบทันธุ์ของแบบคทีเรีย พบว่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียเฉลี่ยที่ดีที่สุดและกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ดีที่สุดในการหาคำตอบ 10 ครั้งอยู่ที่จำนวนรอบของการสืบทันธุ์ของแบบคทีเรีย เท่ากับ 4 ดังภาพที่ 4.14 - 4.15 จำนวนครั้งการเข้าใกล้คำตอบที่ดีที่สุด (เข้าใกล้ทั้ง 10 ครั้ง) อยู่ที่จำนวนรอบของการสืบทันธุ์ของแบบคทีเรีย เท่ากับ 4 และ 8 โดยให้คำตอบที่ได้อยู่ในช่วง $\pm 5\%$ จากคำตอบที่ดีที่สุด ดังภาพที่ 4.16 แต่เนื่องจากจำนวนรอบของการสืบทันธุ์ของแบบคทีเรียแปรผันตามเวลาทำให้จำนวนรอบของการสืบทันธุ์ของแบบคทีเรียที่มีค่าน้อยสามารถหาคำตอบได้เร็วกว่าจำนวนรอบของการสืบทันธุ์ของแบบคทีเรียที่มีค่ามาก ดังภาพที่ 4.17 ดังนั้นจึงเลือกใช้จำนวนรอบของการสืบทันธุ์ของแบบคทีเรีย เท่ากับ 4 เนื่องจากมีแนวโน้มที่สามารถได้คำตอบคือกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ดีที่สุด และใช้ระยะเวลาคำนวณไม่นาน เหมาะสมที่จะนำไปหาคำตอบปัญหาการหาขนาดและตำแหน่งติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็กด้วยวิธีหาอาหารของแบบคทีเรียเพื่อลดค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบ

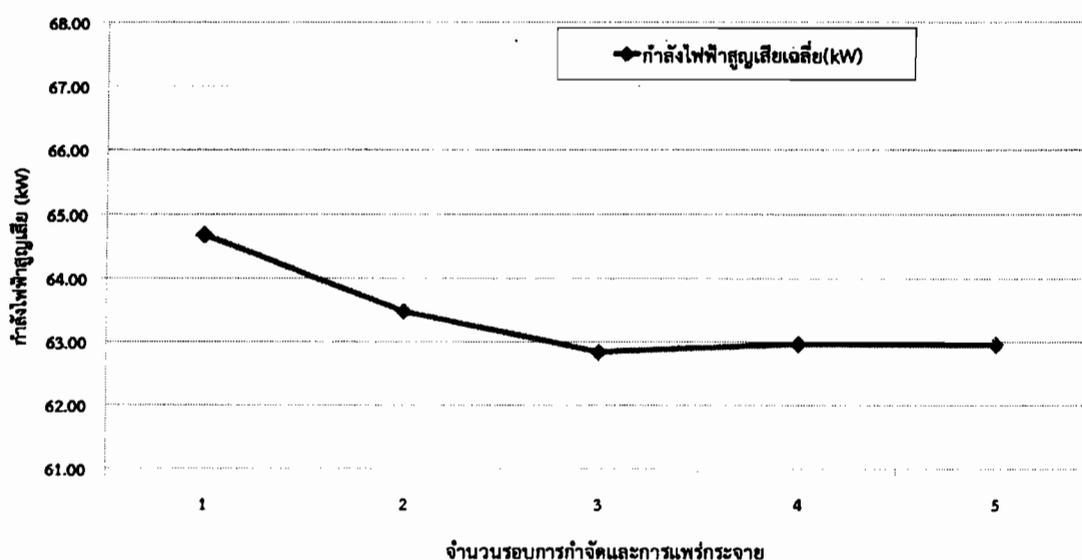
4.1.5 การทดสอบเพื่อหาจำนวนรอบของการกำจัดและการแพร่กระจาย (N_{cd})

ทดสอบหาจำนวนรอบของการกำจัดและการแพร่กระจายที่เหมาะสมที่จะทำได้คำตอบที่มีแนวโน้มที่ดีที่สุด กำหนดให้จำนวนประชากรแบบคทีเรีย เท่ากับ 40 คำนวณได้จากข้อ 4.1.1 จำนวนรอบของการเคลื่อนที่ในขั้นตอนเคโมแทกซิส (N_c) เท่ากับ 50 คำนวณได้จากข้อ 4.1.2 ความยาวในการว่ายน้ำ (N_s) เท่ากับ 8 คำนวณได้จากข้อ 4.1.3 จำนวนรอบของการสืบทันธุ์ (N_{cc}) เท่ากับ 4

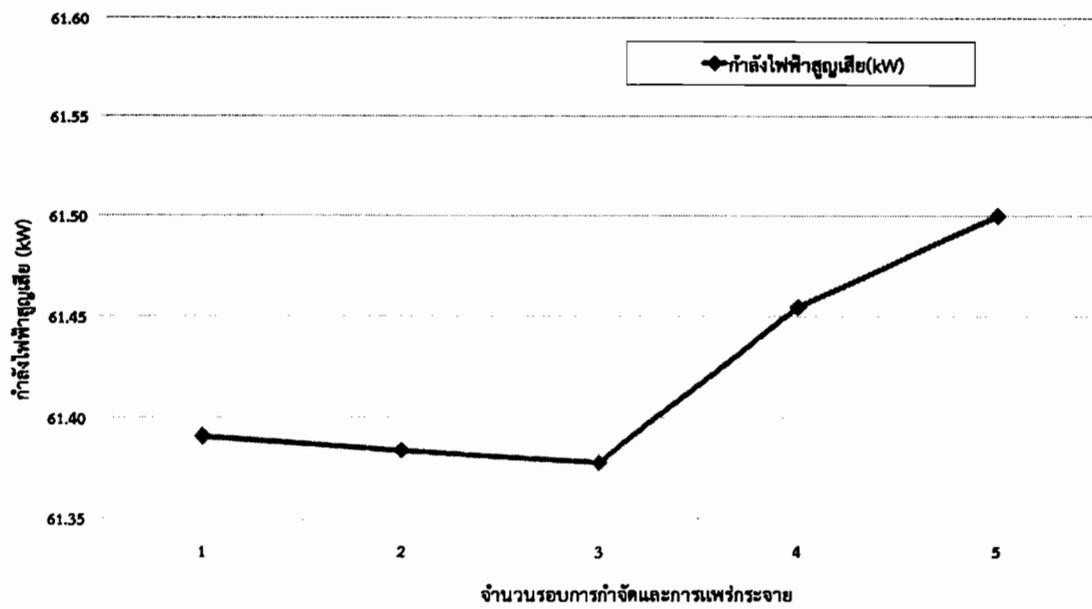
คำนวณได้จากข้อ 4.1.4 ระยะทางในการเคลื่อนที่ของแบคทีเรีย (step size) $C(x)$ ได้แก่ ตำแหน่ง บัส ปริมาณการจ่ายกำลังไฟฟ้าจริงและปริมาณการจ่ายกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ ของ DG กำหนดให้มีค่า เท่ากับ 1, 0.1 และ 0.1 ตามลำดับ และใช้ความเป็นไปได้ของการกำจัดและการแพร่กระจาย (P_{ed}) เท่ากับ 0.25 โดยให้จำนวนรอบของการกำจัดและการแพร่กระจาย (N_{ed}) เพิ่มขึ้นทีละ 1 และทำการ หาค่าตอบจากจำนวนรอบของการกำจัดและการแพร่กระจายนั้น 10 ครั้ง เพื่อหาจำนวนรอบของการ กำจัดและการแพร่กระจายของแบคทีเรีย ในการนำไปใช้หาค่าตอบการหาขนาดและตำแหน่งติดตั้ง โรงไฟฟ้าที่เหมาะสมโดยวิธีการหาอาหารของแบคทีเรีย (BFOA) แสดงผลการทดสอบดังตารางที่ 4.5 และ ภาพที่ 4.18 - 4.21

ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบเพื่อหาจำนวนรอบของการกำจัดและการแพร่กระจาย (N_{ed})

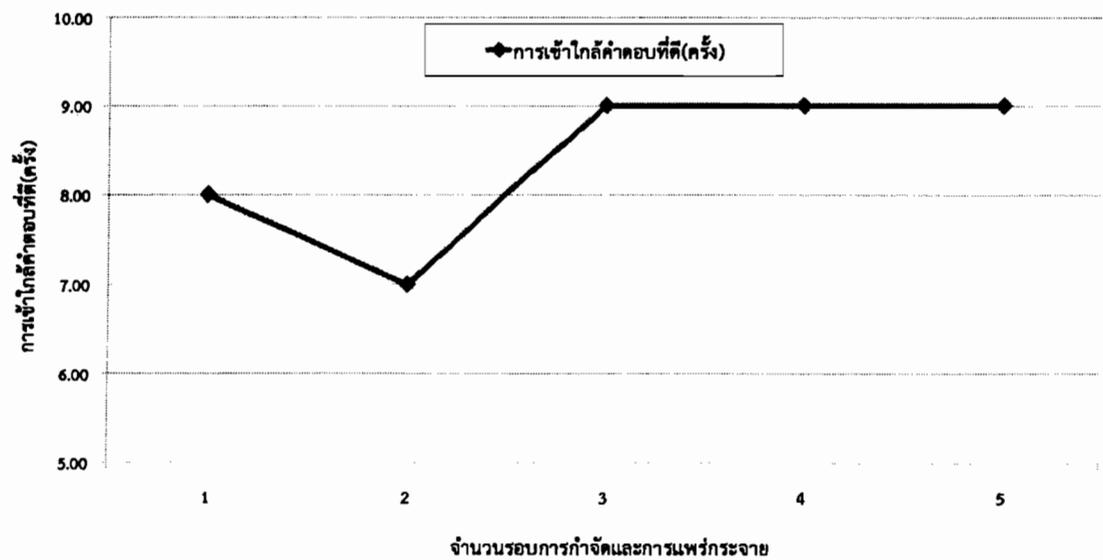
N_{ed}	ค่าเฉลี่ยกำลังไฟฟ้าสูญเสีย จากการหาค่าตอบ 10 ครั้ง (kW)	กำลังไฟฟ้าสูญเสีย น้อยที่สุด (kW)	การเข้าใกล้คำตอบ ที่ดี (ครั้ง)	เวลาในการหา คำตอบ(นาทื)
1	64.68	61.39	8	6.28
2	63.48	61.38	7	12.52
3	62.84	61.38	9	19.53
4	62.97	61.45	9	25.82
5	62.96	61.50	9	33.50



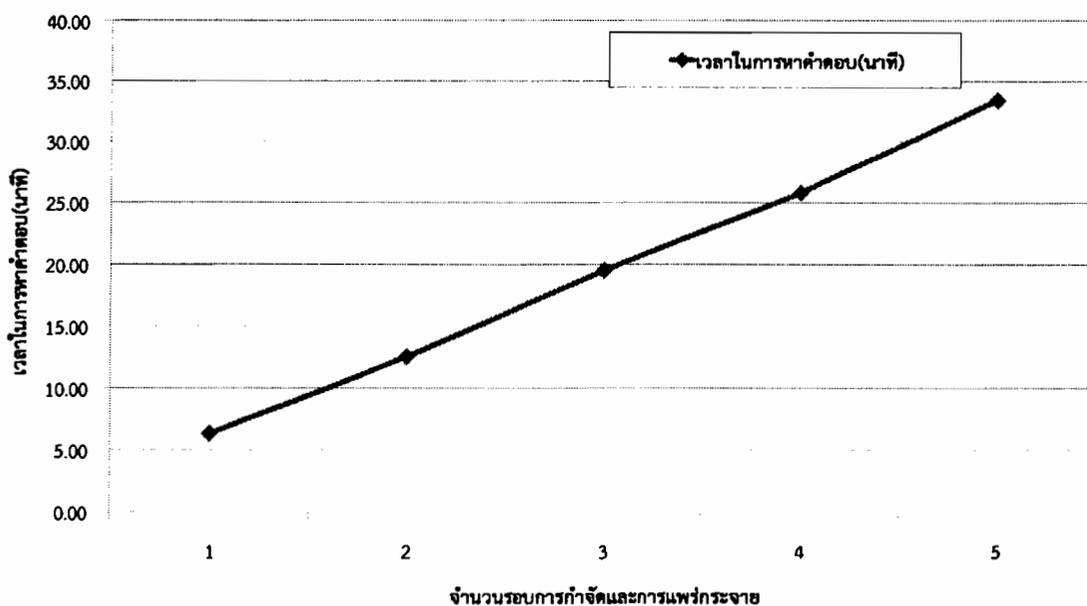
ภาพที่ 4.18 กำลังไฟฟ้าสูญเสียเฉลี่ยจากการหาค่าตอบ 10 ครั้ง ของการทดสอบจำนวนรอบของ การกำจัดและการแพร่กระจาย



ภาพที่ 4.19 กำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ดีที่สุดจากการหาคำตอบ 10 ครั้ง ของการทดสอบจำนวนรอบของการกำจัดและการแพร่กระจาย



ภาพที่ 4.20 จำนวนครั้งการเข้าใกล้คำตอบที่ดีจากการหาคำตอบ 10 ครั้ง ของการทดสอบจำนวนรอบของการสืบพันธุ์ของแบคทีเรีย



ภาพที่ 4.21 กราฟแสดงเวลาที่ใช้ในการหาคำตอบของการทดสอบจำนวนรอบของการกำจัดและการแพร่กระจาย

สรุปผลการทดสอบหาจำนวนรอบของการกำจัดและการแพร่กระจาย ซึ่งวิธีการกำจัดและการแพร่กระจาย คือการสุ่มกำจัดแบคทีเรียแต่ละตัวออกจากตำแหน่งเดิม ตามค่าความเป็นไปได้ของการกำจัดและการแพร่กระจาย และย้ายไปยังตำแหน่งใหม่ที่ได้จากการสุ่มเมื่อทำการหาคำตอบหาจำนวนรอบของการกำจัดและการแพร่กระจาย ซึ่งมีความเป็นไปได้ที่อัลกอริทึมอาจจะตัดค่าที่ดีที่สุดในรอบนั้นออกไป เมื่อทำการหาคำตอบจำนวนรอบของการกำจัดและการแพร่กระจาย พบว่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียเฉลี่ยดีที่สุดและกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ดีที่สุดในการหาคำตอบ 10 ครั้ง อยู่ที่จำนวนรอบของการกำจัดและการแพร่กระจาย เท่ากับ 3 ดังภาพที่ 4.18 - 4.19 จำนวนครั้งการเข้าใกล้คำตอบที่ดีที่สุด (เข้าใกล้ 9 ครั้ง) อยู่ที่จำนวนรอบของการกำจัดและการแพร่กระจาย เท่ากับ 3, 4 และ 5 โดยให้ค่าคำตอบที่ตีอยู่ในช่วง $\pm 5\%$ จากคำตอบที่ดีที่สุด ดังภาพที่ 4.20 แต่เนื่องจากจำนวนรอบของการกำจัดและการแพร่กระจายแปรผันตามเวลาทำให้จำนวนรอบของการกำจัดและการแพร่กระจายที่มีค่าน้อยสามารถหาคำตอบได้เร็วกว่าจำนวนรอบของการกำจัดและการแพร่กระจายที่มีค่ามาก ดังภาพที่ 4.21 ดังนั้นจึงเลือกใช้จำนวนรอบของการกำจัดและการแพร่กระจาย เท่ากับ 3 และใช้ระยะเวลาคำนวณไม่นาน เหมาะสมที่จะนำไปหาคำตอบปัญหาการหาขนาดและตำแหน่งติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็กด้วยวิธีหาอาหารของแบคทีเรียเพื่อลดค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบ

ตารางที่ 4.6 เปรียบเทียบผลการทดสอบการกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของวิธีการหาอาหารของแบคทีเรีย (BFOA)

พารามิเตอร์ ที่เปลี่ยน	ค่าพารามิเตอร์					ค่าเฉลี่ยกำลังไฟฟ้าสูญเสีย จากการหาคำตอบ 10 ครั้ง (kW)
	S	N_c	N_s	N_{re}	N_{ed}	
S	40	100	4	4	2	62.16
N_c	40	50	4	4	2	62.20
N_s	40	50	8	4	2	61.79
N_{re}	40	50	8	4	2	62.06
N_{ed}	40	50	8	4	3	62.84
ค่าที่ดีที่สุด	40	50	8	4	2	61.79

สรุปผลการทดสอบเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของวิธีการหาอาหารของแบคทีเรีย ดังตารางที่ 4.6 โดยทำการทดสอบหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมทีละค่า โดยให้พารามิเตอร์ที่ต้องการค้นหาสามารถเปลี่ยนแปลงค่าได้ แต่พารามิเตอร์ตัวอื่น ๆ มีค่าคงที่ โดยนำค่าพารามิเตอร์ที่ทำให้ค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียมีค่าน้อยที่สุดของแต่ละวิธีการทดสอบมาเปรียบเทียบกับอีกครั้ง พบว่าค่าพารามิเตอร์ที่มีแนวโน้มที่คำตอบมีค่าที่ดีที่สุด คือ ค่าเฉลี่ยกำลังไฟฟ้าสูญเสียจากการหาคำตอบ 10 ครั้งมีค่าน้อยที่สุด เท่ากับ 61.79 kW อยู่ที่จำนวนประชากรแบคทีเรีย (S) เท่ากับ 40 จำนวนรอบของการเคลื่อนที่ในขั้นตอนเคโมแทกซิส (N_c) เท่ากับ 50 ความยาวในการว่ายน้ำของแบคทีเรีย (N_s) เท่ากับ 8 จำนวนรอบของการสืบพันธุ์ (N_{re}) เท่ากับ 4 จำนวนรอบของการกำจัดและการแพร่กระจาย (N_{ed}) เท่ากับ 2 ดังนั้นในวิทยานิพนธ์นี้จึงใช้ค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการทดสอบหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม คือ S เท่ากับ 40, N_c เท่ากับ 50, N_s เท่ากับ 8, N_{re} เท่ากับ 4, N_{ed} เท่ากับ 2 ไปหาคำตอบเพื่อหาขนาดและตำแหน่งติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็กด้วยวิธีการหาอาหารของแบคทีเรียที่ทำให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบมีค่าน้อยที่สุด

4.2 สรุปผลการทดสอบการกำหนดค่าพารามิเตอร์ของวิธีการหาอาหารของแบคทีเรีย (BFOA)

จากการทดสอบการกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของวิธีการหาอาหารของแบคทีเรีย(BFOA) กับระบบทดสอบ IEEE ขนาด 33 บัส พบว่าค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการแก้ปัญหาการหาขนาดและตำแหน่งติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็กที่ทำให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบมีค่าน้อยที่สุดคือจำนวนประชากรแบคทีเรีย เท่ากับ 40 จำนวนรอบของการเคลื่อนที่ในขั้นตอนเคโมแทกซิส (N_c) เท่ากับ 50 ความยาวในการว่ายน้ำ (N_s) เท่ากับ 8 จำนวนรอบของการสืบพันธุ์ (N_{re}) เท่ากับ 4 จำนวนรอบของการกำจัดและการแพร่กระจาย (N_{ed}) เท่ากับ 2 ระยะทางในการเคลื่อนที่ของแบคทีเรีย (step size) $C(x)$ ได้แก่ ตำแหน่งบัส ปริมาณการจ่ายกำลังไฟฟ้าจริงและเพาเวอร์แฟกเตอร์ของ DG กำหนดให้มีค่าเท่ากับ 1, 0.1 และ 0.01 ตามลำดับ และใช้ความเป็นไปได้ของการกำจัดและการแพร่กระจาย (P_{ed}) เท่ากับ 0.25 ทำการทดสอบหาคำตอบจากค่าพารามิเตอร์เหล่านั้นจำนวน

10 ครั้ง เพื่อหาขนาดและตำแหน่งติดตั้งโรงไฟฟ้าที่เหมาะสมโดยวิธีการหาอาหารของแบคทีเรีย (BFOA) แสดงผลการทดสอบดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 การทดสอบค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของวิธีการ BFOA กับระบบทดสอบ 33 บัส

ครั้งที่	ตำแหน่งบัส	ขนาดของ DG			กำลังไฟฟ้าสูญเสีย (kW)	เวลาในการหาค่าตอบ (นาที)	รอบที่เจอค่าตอบ
		(MW)	(MVA _r)	P.F.			
1	6	2.4326	1.6178	0.833	61.78	7.68	269
2	6	2.5036	1.7672	0.817	61.40	8.44	405
3	6	2.5518	1.6540	0.839	61.50	8.22	397
4	6	2.5722	1.6671	0.839	61.48	8.17	275
5	6	2.8456	1.8352	0.840	62.66	8.27	117
6	26	2.3803	1.6103	0.828	62.57	8.23	189
7	6	2.7464	1.8144	0.834	61.96	8.25	271
8	26	2.3890	1.7093	0.813	62.49	8.28	173
9	6	2.6447	1.7077	0.840	61.53	8.26	345
10	6	2.5876	1.6017	0.850	61.69	8.50	283

สรุปผลการทดสอบจากการทดลองหาค่าตอบ 10 ครั้ง พบว่า ตำแหน่งติดตั้ง DG อาจจะไม่ได้ค่าเดิมทุกครั้ง แต่ส่วนมากค่าตอบจะอยู่ที่บัส 6 กำลังไฟฟ้าสูญเสียเฉลี่ยจากการหาค่าตอบ 10 ครั้ง มีค่าเท่ากับ 61.91 kW และเมื่อติดตั้ง DG ขนาด 2.5036 MW 1.7672 MVA_r ที่บัส 6 มีผลให้ค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียลดลงมากที่สุดคือมีค่าเท่ากับ 61.40 kW และรอบที่เจอค่าตอบเฉลี่ยเท่ากับ 272 จากรอบการคำนวณ 408 รอบ

4.3 การคัดเลือกกลุ่มค่าตอบ

วิธีการหาอาหารของแบคทีเรีย (Bacterial foraging optimization algorithm: BFOA) ที่ใช้แก้ปัญหาการหาขนาดและตำแหน่งติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็กที่ทำให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบมีค่าน้อยที่สุด ค่าตอบที่ได้ในแต่ละครั้งมีค่าแตกต่างกัน เนื่องจากพฤติกรรมการค้นหาค่าตอบด้วยวิธีการหาอาหารของแบคทีเรียจะอาศัยการสุ่มเลือก (Random search) ทำให้ค่าตอบที่ได้บางครั้งเป็นค่าตอบในกลุ่มค่าตอบเฉพาะถิ่น (Local optimum point) ดังนั้นเพื่อหลีกเลี่ยงกลุ่มค่าตอบเฉพาะถิ่น (Local optimum point) และทำให้มีโอกาสที่จะได้ค่าตอบที่เข้าใกล้ค่าตอบที่แท้จริง (Global optimum point) ได้ดีกว่าเดิม จึงต้องมีวิธีการคัดเลือกกลุ่มค่าตอบที่ดีของตำแหน่งติดตั้ง DG เบื้องต้น เพื่อช่วยลดขอบเขตของการคำนวณ และลดจำนวนประชากรของค่าตอบที่เป็นไปได้ และทำให้มีโอกาสที่จะได้ค่าตอบที่ดีที่สุด

ทำการศึกษาเพื่อหาวิธีการคัดเลือกกลุ่มคำตอบแบบต่างๆ เพื่อหาวิธีการคัดเลือกกลุ่มคำตอบที่ดี และเหมาะสม ช่วยหาตำแหน่งบัสที่เหมาะสมของ DG เบื้องต้น ร่วมกับการใช้วิธีการ BFOA เพื่อหาขนาดและตำแหน่งติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็กที่ทำให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบมีค่าน้อยที่สุด เพื่อลดจำนวนประชากรของคำตอบที่เป็นไปได้ กลุ่มคำตอบของบัสที่เลือกไว้จึงมีจำนวนบัสเท่ากับ 25% จากจำนวนบัสทั้งหมด และเปรียบเทียบวิธีการดังกล่าวกับวิธีการ BFOA เดิม ที่ไม่ใช้การคัดเลือกกลุ่มคำตอบตำแหน่งติดตั้ง DG เบื้องต้น เพื่อศึกษาว่าวิธีการเลือกในการกลุ่มคำตอบที่ดีมีโอกาสที่จะสามารถได้คำตอบที่เข้าใกล้คำตอบที่ดีที่สุด ทดสอบโดยใช้ระบบทดสอบ IEEE ขนาด 33 บัส เพื่อหาวิธีการคัดเลือกกลุ่มคำตอบที่เหมาะสมที่สุด ที่จะนำมาประยุกต์ใช้กับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ และจากการศึกษาเบื้องต้นในข้อ 3.5 พบว่าตำแหน่งบัสที่เหมาะสมของ DG ที่ทำให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบมีค่าน้อยที่สุด คือ บัส 6 จึงใช้คำตอบดังกล่าวเพื่อพิจารณาวิธีการคัดเลือกกลุ่มคำตอบของตำแหน่งติดตั้ง DG เบื้องต้น

4.3.1 วิธีการคัดเลือกกลุ่มคำตอบของตำแหน่งติดตั้ง DG เบื้องต้น

งานวิจัยฉบับนี้ได้ศึกษาวิธีการหาค่าปัจจัย (Factor) ที่ใช้ในการคัดเลือกกลุ่มคำตอบของบัสที่เป็นไปได้มากที่สุด เพื่อลดขอบเขตของคำตอบของตำแหน่งติดตั้ง DG ที่ต้องการค้นหา ร่วมกับการใช้วิธีการหาอาหารของแบคทีเรีย (BFOA) หาค่าตอบที่ดีที่สุดจากกลุ่มคำตอบอีกครั้ง เพื่อหาขนาดและจุดติดตั้งที่เหมาะสมของโรงไฟฟ้าขนาดเล็กที่ทำให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบมีค่าต่ำที่สุด ซึ่งมีวิธีการหาค่า factor ที่ใช้ในการคัดเลือกกลุ่มคำตอบ ดังนี้

วิธีที่ 1 ปัจจัยของค่าความไวต่อกำลังไฟฟ้าสูญเสีย (Loss sensitivity factors หรือ LSF)

วิธีที่ 2 ปัจจัยของแรงดันไฟฟ้าที่บัสมีค่าต่ำ (Voltage drop)

วิธีที่ 3 ปัจจัยของค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียของสายจำหน่าย (Power loss of branch)

วิธีที่ 4 ปัจจัยของค่าความแตกต่างของขนาดแรงดันไฟฟ้าที่บัสต้นทางและบัสปลายทาง

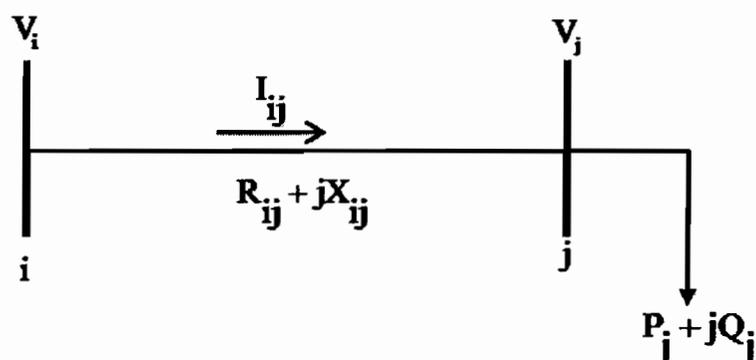
วิธีที่ 5 ปัจจัยของค่าความแตกต่างของมุมแรงดันไฟฟ้าที่บัสต้นทางและบัสปลายทาง

วิธีที่ 6 ปัจจัยของค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงของกำลังไฟฟ้าเทียบกับมุมของแรงดันไฟฟ้า

4.3.1.1 ปัจจัยของค่าความไวต่อกำลังไฟฟ้าสูญเสีย (Loss sensitivity factors หรือ

LSF)

การคำนวณหาปัจจัยความไวต่อกำลังไฟฟ้าสูญเสียจะถูกประเมินค่าในทุกๆ บัส โดยมีหลักการพื้นฐานของการแก้สมการที่ไม่เป็นเชิงเส้น ซึ่งค่า LSF [22] ได้จากการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าที่สภาวะปกติ (Base case) และจากสูตรการคำนวณตามสมการที่ 4.1 นำค่า LSF มาใช้ในการเรียงบัสใหม่ โดยเรียงลำดับค่า LSF จากค่ามากไปหาน้อย กลุ่มของบัสที่มีค่า LSF มากจะถูกนำมาพิจารณาเป็นตำแหน่งบัสที่จะติดตั้ง DG เพื่อช่วยลดขอบเขตการค้นหาคำตอบของตำแหน่งติดตั้ง DG ซึ่งค่าอิมพีแดนซ์ของสายไฟฟ้าที่เชื่อมต่อระหว่างบัส i และบัส j เท่ากับ $R_{ij} + jX_{ij}$ โหลดที่บัส j เท่ากับ $P_j + jQ_j$ ดังภาพที่ 4.22



ภาพที่ 4.22 ระบบจำหน่ายไฟฟ้า

กำลังไฟฟ้าจริงสูญเสียในสาย หาได้จาก $I_{ij}^2 * R_{ij}$ หรือเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$P_L = \frac{(P_j^2 + Q_j^2) * R_{ij}}{V_j^2} \quad (4.1)$$

กำลังไฟฟ้ารืแอกทีฟสูญเสียในสาย เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$Q_L = \frac{(P_j^2 + Q_j^2) * X_{ij}}{V_j^2} \quad (4.2)$$

ปัจจัยความไวของกำลังไฟฟ้าสูญเสีย (LSF) เขียนได้ดังสมการ

$$\frac{\partial P_L}{\partial P_j} = \frac{(2 * P_j * R_{ij})}{V_j^2} \quad (4.3)$$

$$\frac{\partial P_L}{\partial Q_j} = \frac{(2 * Q_j * R_{ij})}{V_j^2} \quad (4.4)$$

ตารางที่ 4.8 ค่า Loss sensitivity factors ของระบบ IEEE ขนาด 33 บัส

ที่	ตำแหน่งบัส	ค่า LSF	ที่	ตำแหน่งบัส	ค่า LSF
1	6	0.02375	17	2	0.00452
2	3	0.02161	18	27	0.00353
3	28	0.01230	19	14	0.00312
4	4	0.01126	20	17	0.00288
5	5	0.01120	21	7	0.00285
6	9	0.01007	22	12	0.00282
7	24	0.00999	23	26	0.00267
8	13	0.00965	24	15	0.00236
9	10	0.00929	25	16	0.00233
10	8	0.00888	26	11	0.00162
11	29	0.00872	27	32	0.00124
12	31	0.00603	28	18	0.00099
13	23	0.00550	29	21	0.00093
14	20	0.00512	30	22	0.00081
15	25	0.00498	31	19	0.00074
16	30	0.00468	32	33	0.00030

สรุปผลการทดสอบพบว่า ปัจจัยของค่าความไวต่อกำลังไฟฟ้าสูญเสีย (LSF) สามารถนำมาพิจารณาใช้เป็นวิธีการในการคัดเลือกกลุ่มคำตอบของตำแหน่งติดตั้ง DG สำหรับปัญหาการหาขนาดและตำแหน่งติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็กด้วยวิธีหาค่าเหมาะที่สุดของแบบที่เรียเพื่อลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบได้ เนื่องจากบัส 6 ยังอยู่ในกลุ่มคำตอบของบัสที่คงไว้ แสดงดังตารางที่ 4.8

4.3.1.2 ปัจจัยของแรงดันไฟฟ้าที่บัสมีค่าต่ำ (voltage drop)

ตำแหน่งบัสที่มีแรงดันไฟฟ้าต่ำ เป็นตำแหน่งที่มีค่ากระแสไฟฟ้าไหลผ่านมาก อาจส่งผลให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียในบริเวณนั้นมีค่ามาก โดยสามารถคำนวณค่าแรงดันไฟฟ้าทุกบัสได้จากการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าในสภาวะปกติ (Base case) และนำค่าแรงดันไฟฟ้ามาเรียงลำดับบัสโดยเรียงลำดับจากค่าแรงดันไฟฟ้าที่มีค่าน้อยไปมาก ดังตารางที่ 4.9 กลุ่มของบัสที่มีค่าแรงดันไฟฟ้าต่ำจะถูกนำมาพิจารณาเป็นตำแหน่งบัสที่จะติดตั้ง DG เพื่อลดขอบเขตการค้นหาค่าตำแหน่งติดตั้ง DG

ตารางที่ 4.9 แรงดันไฟฟ้าจากคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าในสถานะปกติ (Base case)

ที่	ตำแหน่ง	แรงดันไฟฟ้า (p.u.)	ที่	ตำแหน่งบัส	แรงดันไฟฟ้า (p.u.)
1	18	0.913	18	27	0.945
2	17	0.914	19	7	0.946
3	16	0.916	20	26	0.948
4	33	0.917	21	6	0.95
5	32	0.917	22	5	0.968
6	15	0.917	23	25	0.969
7	31	0.918	24	24	0.973
8	14	0.919	25	4	0.976
9	13	0.921	26	23	0.979
10	30	0.922	27	3	0.983
11	29	0.926	28	22	0.992
12	12	0.927	29	21	0.992
13	11	0.928	30	20	0.993
14	10	0.929	31	19	0.997
15	28	0.934	32	2	0.997
16	9	0.935	33	1	1
17	8	0.941	-	-	-

จากการทดสอบพบว่า ปัจจัยของแรงดันไฟฟ้าที่บัสมีค่าต่ำ ไม่สามารถนำมาพิจารณาใช้เป็นวิธีการในการคัดเลือกกลุ่มคำตอบของตำแหน่งติดตั้ง DG สำหรับปัญหาการหาขนาดและตำแหน่งติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็กด้วยวิธีหาอาหารของแบคทีเรียเพื่อลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบได้ เนื่องจาก บัส 6 ไม่อยู่ในกลุ่มคำตอบของบัสที่คงไว้ แสดงดังตารางที่ 4.9

4.3.1.3 ปัจจัยของค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียของสายจำหน่าย (power loss of branch)

จากการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าในสถานะปกติ (Base case) จะได้ค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียของสายจำหน่ายแต่ละเส้น บริเวณสายไฟฟ้าที่มีค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียมาก อาจบอกได้ว่าเป็นตำแหน่งที่มีโหลดขนาดใหญ่เชื่อมอยู่ ค่ากระแสไฟฟ้าไหลผ่านมาก หรือความต้านทานของสายไฟมีค่ามาก ซึ่งหากติดตั้ง DG ที่มีขนาดเหมาะสมในตำแหน่งดังกล่าว จะทำให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบลดลงได้ ทำการเรียงลำดับกิ่งของสายไฟฟ้าที่มีค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียจากมากไปน้อย ดังตารางที่ 4.10 เพื่อลดขอบเขตการค้นหาจุดติดตั้งของ DG กลุ่มของบัสที่มีค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียของสายจำหน่ายที่มีค่ามากจะถูกนำมาพิจารณาเป็นตำแหน่งบัสที่จะติดตั้ง DG

ตารางที่ 4.10 กำลังไฟฟ้าสูญเสียของสายจำหน่าย

ที่	บัส ต้นทาง	บัส ปลายทาง	กำลังไฟฟ้า สูญเสียใน สายไฟฟ้า (MW)	ที่	บัส ต้นทาง	บัส ปลายทาง	กำลังไฟฟ้าสูญเสีย ในสายไฟฟ้า (MW)
1	2	3	5.18×10^{-2}	17	6	7	1.91×10^{-3}
2	5	6	3.82×10^{-2}	18	30	31	1.59×10^{-3}
3	3	4	1.99×10^{-2}	19	24	25	1.29×10^{-3}
4	4	5	1.87×10^{-2}	20	11	12	8.81×10^{-4}
5	1	2	1.22×10^{-2}	21	19	20	8.32×10^{-4}
6	27	28	1.13×10^{-2}	22	13	14	7.29×10^{-4}
7	28	29	7.83×10^{-3}	23	10	11	5.62×10^{-4}
8	23	24	5.14×10^{-3}	24	14	15	3.57×10^{-4}
9	7	8	4.84×10^{-3}	25	15	16	2.81×10^{-4}
10	8	9	4.18×10^{-3}	26	16	17	2.52×10^{-4}
11	29	30	3.90×10^{-3}	27	31	32	2.13×10^{-4}
12	9	10	3.56×10^{-3}	28	2	19	1.61×10^{-4}
13	26	27	3.33×10^{-3}	29	20	21	1.01×10^{-4}
14	3	23	3.18×10^{-3}	30	17	18	5.31×10^{-5}
15	12	13	2.67×10^{-3}	31	21	22	4.36×10^{-5}
16	6	26	2.60×10^{-3}	32	32	33	1.32×10^{-5}

สรุปผลการทดสอบพบว่า ปัจจัยของค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียของสายจำหน่ายสามารถนำมาพิจารณาใช้เป็นวิธีการในการคัดเลือกกลุ่มคำตอบของตำแหน่งติดตั้ง DG สำหรับปัญหาการหาขนาดและตำแหน่งติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็กด้วยวิธีหาอาหารของแบคทีเรียเพื่อลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบได้ เนื่องจาก บัส 6 ยังอยู่ในกลุ่มคำตอบของบัสที่คงไว้ แสดงดังตารางที่ 4.10

4.3.1.4 ปัจจัยของค่าความแตกต่างของขนาดแรงดันไฟฟ้าที่บัสต้นทางและบัสปลายทาง

จากกฎกระแสของเคอร์ชอฟฟ์ (Kirchhoff's Current Law, KCL) พบว่า สายไฟฟ้าที่มีค่าความแตกต่างของแรงดันไฟฟ้าที่บัสต้นทางและบัสปลายทางมีค่ามาก กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านมากเช่นกัน ซึ่งจะมีผลให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียในสายมีค่ามาก ใช้แนวคิดดังกล่าวมาใช้วิเคราะห์เพื่อพิจารณาเป็นตำแหน่งติดตั้ง DG โดยสามารถคำนวณค่าความแตกต่างของขนาดแรงดันไฟฟ้าที่บัสต้นทางและบัสปลายทางจากการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าในสภาวะปกติ (Base case) นำค่าความแตกต่างของขนาดแรงดันไฟฟ้าที่บัสที่ได้มาจัดเรียงกลุ่มของบัสใหม่โดยเรียงลำดับกึ่งของ

สายไฟฟ้าที่มีค่าความแตกต่างของขนาดแรงดันไฟฟ้าที่บัสต้นทางและบัสปลายทางจากมากไป ดังตารางที่ 4.11 กลุ่มของบัสที่มีค่าความแตกต่างของขนาดแรงดันไฟฟ้า ของสายไฟฟ้าที่บัสต้นทางและบัสปลายทางมีค่ามาก จะถูกนำมาพิจารณาเป็นตำแหน่งบัสที่จะติดตั้ง DG เพื่อลดขอบเขตการค้นหาค่าติดตั้งของ DG

ตารางที่ 4.11 ความแตกต่างของขนาดแรงดันไฟฟ้าที่บัสต้นทางและบัสปลายทาง

ที่	บัส i	บัส j	ΔV_{i-j}	ที่	บัส i	บัส j	ΔV_{i-j}
1	5	6	0.018469	17	24	25	0.003406
2	2	3	0.014165	18	1	2	0.002978
3	27	28	0.011520	19	26	27	0.002726
4	28	29	0.008315	20	13	14	0.002595
5	3	4	0.007565	21	16	17	0.002373
6	4	5	0.007483	22	6	26	0.002037
7	23	24	0.006840	23	14	15	0.001536
8	8	9	0.006382	24	11	12	0.001511
9	12	13	0.006288	25	15	16	0.001418
10	9	10	0.005903	26	31	32	0.000987
11	6	7	0.005164	27	10	11	0.000880
12	7	8	0.004881	28	20	21	0.00078
13	30	31	0.004376	29	21	22	0.000728
14	29	30	0.003942	30	17	18	0.000626
15	19	20	0.003762	31	2	19	0.000561
16	3	23	0.003625	32	32	33	0.000309

สรุปผลการทดสอบพบว่า ปัจจัยของค่าความแตกต่างของขนาดแรงดันไฟฟ้าที่บัสต้นทางและบัสปลายทาง สามารถนำมาพิจารณาใช้เป็นวิธีการในการคัดเลือกกลุ่มคำตอบของตำแหน่งติดตั้ง DG สำหรับปัญหาการหาขนาดและตำแหน่งติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็กด้วยวิธีหาอาหารของแบคทีเรียเพื่อลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบได้ เนื่องจาก บัส 6 ยังอยู่ในกลุ่มคำตอบของบัสที่คงไว้แสดงดังตารางที่ 4.11

4.3.1.5 ปัจจัยของค่าความแตกต่างของมุมแรงดันไฟฟ้าที่บัสต้นทางและบัสปลายทาง

ความแตกต่างของมุมแรงดันไฟฟ้าที่บัสต้นทางและบัสปลายทางที่มีค่าแตกต่างกันมาก ส่งผลให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียในสายมีค่ามาก ใช้แนวคิดดังกล่าวมาใช้วิเคราะห์เพื่อพิจารณาเป็น

ตำแหน่งติดตั้ง DG โดยสามารถคำนวณค่าความแตกต่างของมุมแรงดันไฟฟ้าที่บัสต้นทางและบัสปลายทางจากการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าในสภาวะปกติ (Base case) นำค่าความแตกต่างของมุมแรงดันไฟฟ้าที่บัสที่ได้มาจัดเรียงกลุ่มของบัสใหม่โดยเรียงลำดับกึ่งของสายไฟฟ้าที่มีค่าความแตกต่างของมุมแรงดันไฟฟ้าที่บัสต้นทางและบัสปลายทางจากมากไปน้อย ดังตารางที่ 4.12 กลุ่มของบัสที่มีค่าความแตกต่างของมุมแรงดันไฟฟ้าของสายไฟฟ้าที่บัสต้นทางและบัสปลายทางมีค่ามาก จะถูกนำมาพิจารณาเป็นตำแหน่งบัสที่จะติดตั้ง DG เพื่อลดขอบเขตการค้นหตำแหน่งติดตั้งของ DG

ตารางที่ 4.12 ความแตกต่างของมุมแรงดันไฟฟ้าที่บัสต้นทางและบัสปลายทาง

ที่	บัส i	บัส j	$\Delta\delta_{i-j}$	ที่	บัส i	บัส j	$\Delta\delta_{i-j}$
1	6	7	0.23033	17	26	27	0.05615
2	29	30	0.10527	18	24	25	0.0437
3	5	6	0.09443	19	6	26	0.03946
4	12	13	0.09132	20	14	15	0.03768
5	23	24	0.08873	21	7	8	0.03607
6	30	31	0.08441	22	3	23	0.03096
7	27	28	0.08295	23	15	16	0.02326
8	2	3	0.08156	24	31	32	0.02304
9	13	14	0.07868	25	21	22	0.02035
10	28	29	0.07791	26	20	21	0.01936
11	16	17	0.07727	27	1	2	0.01448
12	8	9	0.07308	28	11	12	0.01149
13	19	20	0.06698	29	2	19	0.01083
14	4	5	0.06663	30	17	18	0.00959
15	3	4	0.06561	31	32	33	0.00773
16	9	10	0.06253	32	10	11	0.00759

สรุปผลการทดสอบพบว่า ปัจจัยของค่าความแตกต่างของมุมแรงดันไฟฟ้าที่บัสต้นทางและบัสปลายทาง สามารถนำมาพิจารณาใช้เป็นวิธีการในการคัดเลือกกลุ่มคำตอบของตำแหน่งติดตั้ง DG สำหรับปัญหาการหาขนาดและตำแหน่งติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็กด้วยวิธีหาอาหารของแบบคทีเรียเพื่อลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบได้ เนื่องจาก บัส 6 ยังอยู่ในกลุ่มคำตอบของบัสที่คงไว้แสดงดังตารางที่ 4.12

4.3.1.6 ปัจจัยของค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงของกำลังไฟฟ้าเทียบกับมุมของแรงดันไฟฟ้า

ในการวิเคราะห์การไหลของกำลังไฟฟ้าด้วยวิธีนิวตันราฟสัน ส่วนสำคัญที่มีผลต่อการลู่เข้าสู่คำตอบ คือ ค่าจาโคเบียนเมตริกซ์ (Jacobian Matrix) ซึ่งเป็นตัวแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเปลี่ยนแปลงของมุมของแรงดันไฟฟ้ามีผลต่ออัตราการเปลี่ยนแปลงของกำลังไฟฟ้าจริง หากอัตราการเปลี่ยนแปลงมุมแรงดันไฟฟ้าที่บัสมีค่ามากจะทำให้อัตราการเปลี่ยนแปลงของกำลังไฟฟ้าจริงมากตามไปด้วย วิธีการหาค่าจาโคเบียนเมตริกซ์ของระบบจากการคำนวณการไหลด้วยวิธีนิวตันราฟสัน ทำได้โดยการหาอนุพันธ์เทียบกับมุมเฟสและแรงดัน และนำค่าที่คำนวณได้มาจัดเรียงกลุ่มของบัสใหม่โดยเรียงลำดับอัตราการเปลี่ยนแปลงของกำลังไฟฟ้าเทียบกับมุมของแรงดันไฟฟ้าน้อยไปมาก ดังตารางที่ 4.14 กลุ่มของบัสที่มีค่าค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงของกำลังไฟฟ้าเทียบกับมุมของแรงดันไฟฟ้าที่บัสน้อยกว่าจะถูกนำมาพิจารณาเป็นตำแหน่งบัสที่จะติดตั้ง DG

ตารางที่ 4.13 อัตราการเปลี่ยนแปลงของกำลังไฟฟ้าเทียบกับมุมของแรงดันไฟฟ้า

ที่	ตำแหน่งบัส	$\frac{\partial P}{\partial \delta}$	ที่	ตำแหน่งบัส	$\frac{\partial P}{\partial \delta}$
1	7	-0.0001805986	17	22	0.0000000566
2	6	-0.0001145382	18	24	0.0000021073
3	30	-0.0000310763	19	25	0.0000038872
4	10	-0.0000240476	20	16	0.0000041469
5	14	-0.0000180877	21	31	0.0000063752
6	5	-0.0000153568	22	26	0.0000079215
7	17	-0.0000079838	23	33	0.0000085518
8	15	-0.0000075707	24	4	0.0000114918
9	27	-0.0000070554	25	28	0.0000131004
10	18	-0.0000038854	26	3	0.0000159789
11	11	-0.0000013059	27	32	0.0000226011
12	23	-0.0000008889	28	13	0.0000239047
13	9	-0.0000000642	29	29	0.0000261553
14	20	0.0000000000	30	12	0.0000315847
15	19	0.0000000074	31	8	0.0000508561
16	21	0.0000000316	32	2	0.0000578774

สรุปผลการทดสอบพบว่า ปัจจัยของค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงของกำลังไฟฟ้าเทียบกับมุมของแรงดันไฟฟ้า สามารถนำมาพิจารณาใช้เป็นวิธีการในการคัดเลือกกลุ่มคำตอบของตำแหน่งติดตั้ง DG สำหรับปัญหาการหาขนาดและตำแหน่งติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็กด้วยวิธีหาอาหารของแบคทีเรียเพื่อลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบได้ เนื่องจาก บัส 6 ยังอยู่ในกลุ่มคำตอบของบัสที่คงไว้ แสดงดังตารางที่ 4.13

4.4 สรุปผลการทดสอบวิธีการคัดเลือกกลุ่มคำตอบ

จากการทดสอบวิธีการคัดเลือกกลุ่มคำตอบของตำแหน่งติดตั้ง DG ด้วยวิธีการหาค่า factor แบบต่างๆ พบว่าการใช้วิธีการคัดเลือกกลุ่มคำตอบเบื้องต้นด้วยการใช้ปัจจัยของค่าความไวต่อกำลังไฟฟ้าสูญเสีย (Loss sensitivity factors หรือ LSF) ปัจจัยของค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียของสายจำหน่าย (Power loss of branch) ปัจจัยของค่าความแตกต่างของขนาดแรงดันไฟฟ้าที่บัสต้นทางและบัสปลายทาง ปัจจัยของค่าความแตกต่างของมุมแรงดันไฟฟ้าที่บัสต้นทางและบัสปลายทาง และปัจจัยของค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงของกำลังไฟฟ้าเทียบกับมุมของแรงดันไฟฟ้า สามารถพิจารณานำมาใช้ในการวิจัยฉบับนี้ได้ เนื่องจากบัส 6 ที่เป็นคำตอบของตำแหน่งติดตั้ง DG ของปัญหาการหาขนาดและตำแหน่งที่เหมาะสมของโรงไฟฟ้าขนาดเล็กที่ทำให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบมีค่าน้อยที่สุด อยู่ในกลุ่มของคำตอบที่คงไว้ ส่วนการใช้ปัจจัยของแรงดันไฟฟ้าที่บัสมีค่าต่ำ (Voltage drop) ไม่เหมาะสำหรับนำมาพิจารณาคัดเลือกกลุ่มคำตอบของตำแหน่งบัสที่เหมาะสมในการติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก เนื่องจากบัส 6 ที่เป็นคำตอบของตำแหน่งติดตั้ง DG ไม่ได้อยู่ในกลุ่มของคำตอบที่คงไว้

ดังนั้นในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงเลือกใช้ปัจจัยของค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียของสายจำหน่าย เป็นวิธีการคัดเลือกกลุ่มคำตอบเบื้องต้นของตำแหน่งบัสที่เหมาะสมในการติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก ของกลุ่มบัสคำตอบที่ต้องการค้นหา ร่วมกับการหาคำตอบด้วยวิธีการ BFOA เพื่อประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาการหาขนาดและตำแหน่งที่เหมาะสมของโรงไฟฟ้าขนาดเล็กที่ทำให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบมีค่าน้อยที่สุด เนื่องจากค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียของสายจำหน่าย ได้จากการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าในสภาวะปกติ (Base case) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในกระบวนการหาคำตอบด้วยวิธีการหาอาหารของแบคทีเรียที่พัฒนาขึ้น โดยการคัดเลือกกลุ่มคำตอบของตำแหน่งติดตั้ง DG เบื้องต้น จะคงจำนวนประชากรที่เป็นบัสของคำตอบตำแหน่งติดตั้ง DG เบื้องต้นไว้ 25% จากจำนวนบัสทั้งหมดของระบบทดสอบ เพื่อเป็นการป้องกันการละทิ้งคำตอบที่ดี เนื่องจากการใช้ค่า Factor หาคำตอบของตำแหน่งติดตั้ง DG อาจจะไม่ใช่วิธีการที่สามารถได้คำตอบที่ดีที่สุด ดังนั้นจึงต้องใช้อัลกอริทึมช่วยในการหาคำตอบอีกครั้ง

4.5 การทดสอบใช้วิธีการคัดเลือกกลุ่มคำตอบของตำแหน่งติดตั้งของ DG เบื้องต้น ร่วมกับการหาค่าที่เหมาะสมด้วยวิธีการ BFOA

จากผลการทดสอบพบว่าการใช้ปัจจัยของค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียของสายจำหน่าย (Power loss of branch) เป็นวิธีการคัดเลือกกลุ่มคำตอบของตำแหน่งบัสที่เหมาะสมในการติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็กเบื้องต้น เพื่อลดขอบเขตของคำตอบของตำแหน่งติดตั้ง DG ที่ต้องการค้นหา โดยกลุ่มของบัสคำตอบที่เลือก 25 เปอร์เซ็นต์จากจำนวนบัสทั้งหมดของระบบ มีจำนวน 8 บัส คือ บัส 2, 3, 5, 6, 4,

1, 27 และ 28 และใช้วิธีการหาอาหารของแบคทีเรียเพื่อหาขนาดและตำแหน่งที่เหมาะสมของโรงไฟฟ้าขนาดเล็กที่ทำให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบมีค่าน้อยที่สุด ทำการทดสอบกับระบบ IEEE 33 บัส กำหนดให้จำนวนประชากรแบคทีเรีย เท่ากับ 40 จำนวนรอบของการเคลื่อนที่ในขั้นตอนเคโมแทกซิส (N_c) เท่ากับ 50 ความยาวในการว่ายน้ำ (N_s) เท่ากับ 8 จำนวนรอบของการสืบพันธุ์ (N_{re}) เท่ากับ 4 จำนวนรอบของการกำจัดและการแพร่กระจาย (N_{di}) เท่ากับ 2 ระยะทางในการเคลื่อนที่ของแบคทีเรีย(step size) $C(x)$ ได้แก่ ตำแหน่งบัส ปริมาณการจ่ายกำลังไฟฟ้าจริงและเพาเวอร์แฟคเตอร์ของ DG กำหนดให้มีค่าเท่ากับ 1, 0.1 และ 0.01 ตามลำดับ และใช้ความเป็นไปได้ของการกำจัดและการแพร่กระจาย (P_{di}) เท่ากับ 0.25 และทำการหาคำตอบจากค่าพารามิเตอร์เหล่านั้นจำนวน 10 ครั้ง เพื่อหาขนาดและตำแหน่งติดตั้งโรงไฟฟ้าที่เหมาะสมโดยวิธีการหาอาหารของแบคทีเรีย (BFOA) ทดสอบกับระบบ IEEE ขนาด 33 บัส แสดงผลการทดสอบ ดังตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 การทดสอบการใช้ Factor ค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียของสายจำหน่าย คัดเลือกกลุ่มคำตอบของตำแหน่งติดตั้งของ DG เบื้องต้นร่วมกับการหาค่าที่เหมาะสมด้วยวิธีการ BFOA

ครั้งที่	ตำแหน่งบัส	ขนาดของ DG			กำลังไฟฟ้าสูญเสีย (kW)	เวลาในการหาคำตอบ (นาทีก)	รอบที่เจอคำตอบ
		(MW)	(MVA _r)	P.F.			
1	6	2.5941	1.6689	0.841	61.49	9.34	246
2	6	2.5398	1.7189	0.828	61.38	9.98	333
3	6	2.6261	1.7469	0.833	61.46	8.99	281
4	6	2.5267	1.7426	0.823	61.38	8.56	380
5	6	2.6959	1.6617	0.851	61.78	9.98	138
6	6	2.6258	1.6694	0.844	61.55	9.21	73
7	6	2.4142	1.5177	0.847	62.33	8.41	124
8	6	2.6022	1.7827	0.825	61.43	8.49	43
9	6	2.6397	1.7605	0.832	61.49	8.44	236
10	6	2.5956	1.7193	0.834	61.42	8.40	203

สรุปผลการทดสอบการใช้ Factor ค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียของสายจำหน่าย เพื่อคัดเลือกกลุ่มคำตอบของตำแหน่งบัสที่เหมาะสมในการติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก และใช้วิธีการหาอาหารของแบคทีเรีย (BFOA) เพื่อหาขนาดและตำแหน่งติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็กที่เหมาะสมที่ทำให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบมีค่าน้อยที่สุด จากการทดสอบหาคำตอบจำนวน 10 ครั้ง พบว่าการติดตั้ง DG ขนาด 2.5267 MW 1.7426 MVA_r ที่บัส 6 มีผลให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบมีค่าน้อยที่สุด เท่ากับ 61.38 kW ค่าเฉลี่ยกำลังไฟฟ้าสูญเสียจากการหาคำตอบ 10 ครั้ง เท่ากับ 61.57 kW และรอบที่เจอคำตอบเฉลี่ยเท่ากับ 206 จากรอบการคำนวณ 408 รอบ

4.6 สรุปผลการทดสอบการใช้วิธีการคัดเลือกกลุ่มคำตอบของตำแหน่งติดตั้งของ DG เบื้องต้น ร่วมกับการหาค่าที่เหมาะสมด้วยวิธีการ BFOA

จากการศึกษาวิธีการการคัดเลือกกลุ่มคำตอบตำแหน่งติดตั้ง DG เบื้องต้น (Pre-selection) โดยใช้ Factor ค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียของสายจำหน่าย ร่วมกับการหาค่าที่เหมาะสมด้วยวิธีการ BFOA เพื่อเปรียบเทียบผลของการเลือกกลุ่มคำตอบของตำแหน่งติดตั้ง DG เบื้องต้น ที่มีผลต่อแนวโน้มการได้คำตอบที่ดีที่สุด คือค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียน้อยที่สุด กับวิธีการ BFOA เดิม แสดงผลดังตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 การทดสอบการคัดเลือกกลุ่มคำตอบที่เหมาะสมของ DG เบื้องต้น ร่วมกับการหาค่าที่เหมาะสมด้วยวิธีการ BFOA เปรียบเทียบกับวิธีการ BFOA เดิม

วิธีการ	ค่าเฉลี่ยกำลังไฟฟ้าสูญเสียจากการหาคำตอบ 10 ครั้ง(kW)	กำลังไฟฟ้าสูญเสียน้อยที่สุด (kW)	รอบการเข้าสู่คำตอบเฉลี่ย (รอบ)	เวลาในการหาคำตอบเฉลี่ย (นาที)
วิธีการ BFOA เดิม	61.91	61.40	272	8.23
การคัดเลือกกลุ่มคำตอบตำแหน่งติดตั้งเบื้องต้น ร่วมกับการหาค่าที่เหมาะสมด้วยวิธีการ BFOA	61.57	61.38	206	8.98

สรุปผลการทดสอบการคัดเลือกกลุ่มคำตอบของตำแหน่งติดตั้ง DG เบื้องต้น ใช้ Factor ค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียของสายจำหน่าย ร่วมกับการหาค่าที่เหมาะสมด้วยวิธีการ BFOA เพื่อหาขนาดและตำแหน่งติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็กที่เหมาะสมที่ทำให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบมีค่าน้อยที่สุด เปรียบเทียบกับวิธีการ BFOA เดิม พบว่าจากการทดลองหาคำตอบ 10 ครั้ง การคัดเลือกกลุ่มคำตอบของตำแหน่งติดตั้งของ DG เบื้องต้น ร่วมกับการหาค่าที่เหมาะสมด้วยวิธีการ BFOA ได้คำตอบค่าเฉลี่ยกำลังไฟฟ้าสูญเสียจากการหาคำตอบ 10 ครั้ง เท่ากับ 61.57 kW และกำลังไฟฟ้าสูญเสียน้อยที่สุด เท่ากับ 61.38 ซึ่งเป็นคำตอบที่ดีกว่าการใช้วิธีการ BFOA เดิม และสามารถเจอคำตอบที่ดีที่สุดได้เร็วกว่าวิธีการ BFOA เดิม โดยที่รอบที่เจอคำตอบเฉลี่ยเท่ากับ 206 จากรอบการคำนวณ 408 รอบ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการคัดเลือกกลุ่มคำตอบตำแหน่งติดตั้ง DG เบื้องต้น ร่วมกับการหาค่าที่เหมาะสมด้วยวิธีการ BFOA ช่วยลดขอบเขตของคำตอบตำแหน่งติดตั้ง DG ที่ต้องการค้นหา เพิ่มประสิทธิภาพการค้นหาคำตอบ ช่วยให้การค้นหาที่เหมาะสมมีแนวโน้มการได้คำตอบที่ดีมากขึ้น และช่วยให้สามารถเจอคำตอบที่ดีที่สุดได้เร็วขึ้น

บทที่ 5

การปรับปรุงประสิทธิภาพของวิธีการหาอาหารของแบคทีเรีย (Adaptive Bacterial Foraging Optimization Algorithm: ABFOA)

วิธีการหาอาหารของแบคทีเรีย (BFOA) โดยทั่วไปนั้นจะกำหนดให้แบคทีเรียจะเคลื่อนที่ด้วยระยะทาง (Step size) คงที่เสมอ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการค้นหาคำตอบในการค้นหาคำตอบของวิธีการหาอาหารของแบคทีเรีย การปรับปรุงระยะทางเคลื่อนที่ในขั้นตอนเคโมแทกซิส (Chemotaxis) ของแบคทีเรียจึงเป็นอีกแนวทางหนึ่ง ที่ช่วยให้แบคทีเรียมีประสิทธิภาพในการค้นหาคำตอบได้ดียิ่งขึ้น เพื่อให้เข้าใกล้คำตอบที่ดีที่สุด (Global optimum) สามารถปรับปรุงระยะทางในการเคลื่อนที่ของแบคทีเรียให้เปลี่ยนแปลงไปตามระยะเวลาที่แบคทีเรียเคลื่อนที่ โดยมีวิธีการคำนวณเพื่อปรับปรุงระยะทางในการเคลื่อนที่ของแบคทีเรียสามารถได้หลายแบบ

5.1 การปรับปรุงระยะทางการเคลื่อนที่ (Step Size) ของแบคทีเรีย

การหาคำตอบด้วยวิธีการหาอาหารของแบคทีเรีย (BFOA) แบบเดิม จะกำหนดระยะทางการเคลื่อนที่ (Step size) ของแบคทีเรียให้มีค่าคงที่เสมอ จึงทำให้บางครั้งการหาคำตอบอาจจะต้องใช้เวลานานในการที่จะเข้าใกล้คำตอบที่ดีที่สุด หรือในบางครั้งกระบวนการค้นหาอาจจะข้ามคำตอบที่ดีที่สุดไป เนื่องจากระยะทางการเคลื่อนที่ของแบคทีเรียมีค่ามากเกินไป ดังนั้นเพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของวิธีการหาอาหารของแบคทีเรีย จึงกำหนดให้ระยะทางการเคลื่อนที่ของแบคทีเรียสามารถเปลี่ยนแปลงไปตามเวลาที่แบคทีเรียเคลื่อนที่ เพื่อให้คำตอบที่ได้จากวิธีการ BFOA ให้มีแนวโน้มที่ดีที่ทำให้สามารถหาคำตอบใกล้เคียงกับคำตอบที่ดีที่สุด ซึ่งวิธีการปรับปรุงระยะทางการเคลื่อนที่ (Step size) ของแบคทีเรียสามารถทำได้หลายวิธี ดังนี้

5.1.1 การปรับปรุงระยะทางในการเคลื่อนที่ (Step size) ของแบคทีเรีย ให้เปลี่ยนแปลงตามจำนวนรอบของการเคลื่อนที่ในขั้นตอนเคโมแทกซิส (Number of chemotactic steps)

5.1.2 การปรับปรุงระยะทางในการเคลื่อนที่ (Step size) ของแบคทีเรีย ให้เปลี่ยนแปลงตามจำนวนรอบของขั้นตอนการสืบพันธุ์ (Reproduction) จำนวนรอบการกำจัดและการแพร่กระจาย (Elimination and dispersal)

5.1.3 การปรับปรุงระยะทางในการเคลื่อนที่ (Step size) ของแบคทีเรีย ให้เปลี่ยนแปลงตามค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective function) คือ ความเข้มข้นของสารอาหาร หรือ กำลังไฟฟ้าสูญเสีย

5.2 การทดสอบปรับปรุงระยะทางการเคลื่อนที่ (Step size) ของแบคทีเรีย

เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของวิธีการหาอาหารของแบคทีเรียที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาการหาขนาดและตำแหน่งติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็กที่ทำให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบมีค่าน้อยที่สุด วิทยานิพนธ์นี้จึงได้ทำการทดสอบวิธีการปรับปรุงระยะทางการเคลื่อนที่ของแบคทีเรียแบบต่างๆ คือ ปริมาณการจ่ายกำลังไฟฟ้าจริงของ DG และค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ของ DG ส่วนระยะทางการเคลื่อนที่ของตำแหน่งติดตั้ง DG จะมีค่าคงที่ตลอดเวลาคำนวณ และใช้วิธีการคัดเลือกกลุ่มคำตอบของ

ตำแหน่งติดตั้ง DG เบื้องต้น จากค่า Factor กำลังไฟฟ้าสูญเสียของสายจำหน่าย โดยการคัดเลือกคำตอบของตำแหน่งติดตั้ง DG เบื้องต้น จำนวน 8 บัส คือ บัส 2, 3, 5, 6, 4, 1, 27 และ 28 และทดสอบหาขนาดและตำแหน่งติดตั้งของโรงไฟฟ้า ขนาดเล็กที่ทำให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียมีค่าน้อยที่สุด ทำการทดสอบกับระบบทดสอบ IEEE ขนาด 33 บัส เพื่อหาวิธีการที่เหมาะสมเพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

5.2.1 ทดสอบปรับปรุงระยะทางเคลื่อนที่ของแบคทีเรีย ให้เปลี่ยนแปลงตามจำนวนรอบของการเคลื่อนที่ในขั้นตอนเคโมแทกซิส (Number of chemotactic steps) [27] ตามสมการ 5.1 โดยสามารถคำนวณระยะทางเคลื่อนที่ของแบคทีเรียได้จาก ความแตกต่างระหว่างระยะทางเคลื่อนที่ของแบคทีเรียเริ่มต้นกับระยะทางเคลื่อนที่ของแบคทีเรียครั้งก่อน คูณกับจำนวนรอบของการเคลื่อนที่ในขั้นตอนเคโมแทกซิส การเปลี่ยนแปลงของระยะทางการเคลื่อนที่ของแบคทีเรียของวิธีการนี้จะแปรผันตามจำนวนรอบของการเคลื่อนที่ในขั้นตอนเคโมแทกซิส ถ้าจำนวนรอบของการเคลื่อนที่ในขั้นตอนเคโมแทกซิสมีค่ามากขึ้น ระยะทางเคลื่อนที่ของแบคทีเรียจะมีค่าลดลง ซึ่งลักษณะการเปลี่ยนแปลงของระยะทางการเคลื่อนที่ (Step size) ของวิธีการนี้มีค่าลดลงในลักษณะแบบไม่เป็นเชิงเส้น

ทำการทดสอบกับระบบทดสอบ IEEE ขนาด 33 บัส โดยกำหนดค่าพารามิเตอร์ดังนี้ คือ กำหนดให้จำนวนประชากรแบคทีเรีย (S) เท่ากับ 40 จำนวนรอบของการเคลื่อนที่ในขั้นตอนเคโมแทกซิส (N_c) เท่ากับ 50 ความยาวในกรวย (N_s) เท่ากับ 8 จำนวนรอบของการสืบพันธุ์ (N_{re}) เท่ากับ 4 จำนวนรอบของการกำจัดและการแพร่กระจาย (N_{dd}) เท่ากับ 2 ความเป็นไปได้ของการกำจัดและการแพร่กระจาย (P_{dd}) เท่ากับ 0.25 ทำการหาคำตอบจำนวน 10 ครั้ง เพื่อหาคำตอบการหาขนาดและตำแหน่งติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็กที่เหมาะสมโดยวิธีการหาอาหารของแบคทีเรีย (BFOA) แสดงดังตารางที่ 5.1

$$C(x) = \left(\frac{C(x,c) - C(c)}{N_c + C(c)} \right) (N_c - c) \quad (5.1)$$

ตารางที่ 5.1 การทดสอบการปรับปรุงระยะทางเคลื่อนที่ของแบคทีเรีย ที่เปลี่ยนแปลงตามจำนวนรอบของการเคลื่อนที่ในขั้นตอนเคโมแทกซิส ตามสมการ 5.1

ครั้งที่	ตำแหน่งบัส	ขนาดของ DG			กำลังไฟฟ้าสูญเสีย (kW)	เวลาในการหาคำตอบ (นาที)	รอบที่เจอคำตอบ
		(MW)	(MVA _r)	P.F.			
1	6	2.6383	1.7398	0.835	61.49	9.45	94
2	6	2.6087	1.7340	0.833	61.43	8.44	319
3	6	2.6326	1.8118	0.824	61.52	8.56	40
4	6	2.7297	1.7499	0.842	61.83	8.48	213
5	6	3.1129	1.8113	0.864	65.66	8.67	165
6	6	2.6781	1.8119	0.828	61.66	9.57	253

ตารางที่ 5.1 การทดสอบการปรับปรุงระยะทางเคลื่อนที่ของแบคทีเรีย ที่เปลี่ยนแปลงตามจำนวนรอบของการเคลื่อนที่ในขั้นตอนเคโมแทกซิส ตามสมการ 5.1 (ต่อ)

ครั้งที่	ตำแหน่ง บัส	ขนาดของ DG			กำลังไฟฟ้า สูญเสีย (kW)	เวลาในการ หาคำตอบ (นาท)	รอบที่เจอ คำตอบ
		(MW)	(MVA _r)	P.F.			
7	6	2.5159	1.7366	0.823	61.38	8.91	373
8	6	2.6973	1.7109	0.844	61.70	8.69	63
9	6	2.4409	1.7310	0.816	61.52	9.24	297
10	6	3.0409	1.6767	0.876	64.70	9.30	37

สรุปผลการทดสอบการปรับปรุงระยะทางเคลื่อนที่ของแบคทีเรีย (Step size) ให้เปลี่ยนแปลงตามจำนวนรอบของการเคลื่อนที่ในขั้นตอนเคโมแทกซิส (Number of chemotactic steps) ดังสมการ 5.1 จากการหาคำตอบ 10 ครั้ง ครั้ง พบว่าค่าเฉลี่ยกำลังไฟฟ้าสูญเสียเท่ากับ 62.29 kW และกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ดีที่สุดเท่ากับ 61.38 kW รอบเฉลี่ยที่เจอคำตอบเท่ากับ 185 จาก 408 รอบ ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าการปรับปรุงระยะทางเคลื่อนที่ของแบคทีเรีย ตามสมการ 5.1 มีแนวโน้มเจอคำตอบได้เร็ว แต่ได้คำตอบของกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่มีค่าไม่ดีเท่าที่ควร

5.2.2 ทดสอบปรับปรุงระยะทางเคลื่อนที่ของแบคทีเรีย ให้เปลี่ยนแปลงตามจำนวนรอบของการเคลื่อนที่ในขั้นตอนเคโมแทกซิส (Number of chemotactic steps) [33] ตามสมการ 5.2 โดยสามารถคำนวณระยะทางเคลื่อนที่ของแบคทีเรียจากสมการฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล (Exponential function) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของระยะทางการเคลื่อนที่ของแบคทีเรียของวิธีการนี้จะแปรผันตามจำนวนรอบของการเคลื่อนที่ในขั้นตอนเคโมแทกซิส ถ้าจำนวนรอบของการเคลื่อนที่ในขั้นตอนเคโมแทกซิสมีค่ามากขึ้น ระยะทางเคลื่อนที่ของแบคทีเรียจะมีค่าลดลง

ทำการทดสอบกับระบบทดสอบ IEEE ขนาด 33 บัส โดยกำหนดค่าพารามิเตอร์ดังนี้ คือ กำหนดให้จำนวนประชากรแบคทีเรีย (S) เท่ากับ 40 จำนวนรอบของการเคลื่อนที่ในขั้นตอนเคโมแทกซิส (N_c) เท่ากับ 50 ความยาวในการว่ายน้ำ (N_s) เท่ากับ 8 จำนวนรอบของการสืบพันธุ์ (N_{re}) เท่ากับ 4 จำนวนรอบของการกำจัดและการแพร่กระจาย (N_{ed}) เท่ากับ 2 ความเป็นไปได้ของการกำจัดและการแพร่กระจาย (P_{ed}) เท่ากับ 0.25 ระยะทางในการเคลื่อนที่สูงสุดของแบคทีเรีย (C_{max}) เท่ากับ 0.1 ระยะทางในการเคลื่อนที่ต่ำสุดของแบคทีเรีย (C_{min}) เท่ากับ 0.01 กำหนดให้ค่าคงที่ a เท่ากับ 3 และ n เท่ากับ 4 ทำการหาคำตอบจำนวน 10 ครั้ง แสดงดังตารางที่ 5.2 เพื่อหาคำตอบการหาขนาดและตำแหน่งติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็กที่เหมาะสมโดยวิธีการหาอาหารของแบคทีเรีย (BFOA)

$$C(i) = C_{min} + \exp\left(-a * \left(\frac{c}{N_c}\right)^n\right) * (C_{max} - C_{min}) \quad (5.2)$$

ตารางที่ 5.2 การทดสอบการปรับปรุงระยะทางเคลื่อนที่ของแบคทีเรีย ที่เปลี่ยนแปลงตามจำนวนรอบของการเคลื่อนที่ในขั้นตอนเคโมแทกซิส ตามสมการ 5.2

ครั้งที่	ตำแหน่ง บัส	ขนาดของ DG			กำลังไฟฟ้า สูญเสีย (kW)	เวลาในการ หาคำตอบ (นาท)	รอบที่เจอ คำตอบ
		(MW)	(MVA _r)	P.F.			
1	6	2.8225	1.6103	0.869	62.67	8.40	23
2	6	2.6561	1.8022	0.828	61.57	8.55	248
3	6	2.5957	1.8232	0.818	61.48	8.69	396
4	6	2.8595	1.8132	0.845	62.73	8.61	119
5	6	2.5161	1.8071	0.812	61.43	8.61	23
6	6	2.4375	1.6541	0.827	61.65	8.66	408
7	6	2.7043	1.6685	0.851	61.80	8.69	213
8	6	2.5380	1.7735	0.820	61.38	8.83	381
9	6	2.5021	1.7106	0.826	61.42	8.63	230
10	6	2.6890	1.6361	0.854	61.83	8.71	84

สรุปผลการทดสอบการปรับปรุงระยะทางเคลื่อนที่ของแบคทีเรีย ให้เปลี่ยนแปลงตามจำนวนรอบของการเคลื่อนที่ในขั้นตอนเคโมแทกซิส ดังสมการ 5.2 ในการหาคำตอบ 10 ครั้ง พบว่าค่าเฉลี่ยกำลังไฟฟ้าสูญเสียเท่ากับ 61.80 kW และกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ดีที่สุดเท่ากับ 61.38 kW รอบเฉลี่ยที่เจอคำตอบเท่ากับ 213 จาก 408 รอบ ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าการปรับปรุงระยะทางเคลื่อนที่ของแบคทีเรีย ตามสมการ 5.2 มีแนวโน้มที่สามารถได้คำตอบคือกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ดี และมีแนวโน้มเจอคำตอบได้เร็ว

5.2.3 ทดสอบปรับปรุงระยะทางเคลื่อนที่ของแบคทีเรีย ให้เปลี่ยนแปลงตามจำนวนรอบของขั้นตอนการสืบพันธุ์ (Reproduction), จำนวนรอบการกำจัดและการแพร่กระจาย (Elimination and dispersal) [34] ตามสมการ 5.3 ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของระยะทางการเคลื่อนที่ของแบคทีเรียของวิธีการนี้จะแปรผันตามจำนวนรอบของขั้นตอนการสืบพันธุ์, จำนวนรอบการกำจัดและการแพร่กระจาย โดยถ้าจำนวนรอบของขั้นตอนการสืบพันธุ์, จำนวนรอบการกำจัดและการแพร่กระจายมีค่ามากขึ้น ระยะทางเคลื่อนที่ของแบคทีเรียจะมีค่าลดลง

ทำการทดสอบกับระบบทดสอบ IEEE ขนาด 33 บัส โดยกำหนดค่าพารามิเตอร์ดังนี้ คือ กำหนดให้จำนวนประชากรแบคทีเรีย (S) เท่ากับ 40 จำนวนรอบของการเคลื่อนที่ในขั้นตอนเคโมแทกซิส (N_c) เท่ากับ 50 ความยาวในการว่ายน้ำ (N_s) เท่ากับ 8 จำนวนรอบของการสืบพันธุ์ (N_{re}) เท่ากับ 4 จำนวนรอบของการกำจัดและการแพร่กระจาย (N_{ed}) เท่ากับ 2 ความเป็นไปได้ของการกำจัดและการแพร่กระจาย (P_{ed}) เท่ากับ 0.25 กำหนดให้ กำหนดให้ค่าคงที่ L_{red} เท่ากับ 6 และ m เท่ากับ 5 ทำการหาคำตอบจำนวน 10 ครั้ง เพื่อหาคำตอบการหาขนาดและตำแหน่งติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็กที่เหมาะสมโดยวิธีการหาอาหารของแบคทีเรีย (BFOA) แสดงดังตารางที่ 5.3

$$C(x) = \frac{L_{red}}{m^{k+ell-1}} \quad (5.3)$$

ตารางที่ 5.3 การทดสอบการปรับปรุงระยะทางเคลื่อนที่ของแบคทีเรีย ที่เปลี่ยนแปลงตามจำนวนรอบของขั้นตอนการสืบพันธุ์ จำนวนรอบการกำจัดและการแพร่กระจาย ตามสมการ 5.3

ครั้งที่	ตำแหน่ง บัส	ขนาดของ DG			กำลังไฟฟ้า สูญเสีย (kW)	เวลาในการ หาคำตอบ (นาทีก)	รอบที่เจอ คำตอบ
		(MW)	(MVA _r)	P.F.			
1	6	2.4322	1.6847	0.822	61.60	8.28	41
2	6	2.4300	1.7587	0.810	61.55	8.46	345
3	6	2.5376	1.7298	0.826	61.38	8.49	404
4	6	2.6700	1.7936	0.830	61.60	8.42	120
5	6	2.5798	1.7297	0.831	61.39	8.42	370
6	6	2.4744	1.6118	0.838	61.70	8.58	320
7	6	2.5299	1.7579	0.821	61.38	8.48	373
8	6	2.6115	1.8135	0.821	61.48	9.79	237
9	6	2.5029	1.6752	0.831	61.47	8.84	43
10	6	2.5957	1.7246	0.833	61.42	8.78	364

สรุปผลการทดสอบการปรับปรุงระยะทางเคลื่อนที่ของแบคทีเรีย ให้เปลี่ยนแปลงตามจำนวนรอบของขั้นตอนการสืบพันธุ์, จำนวนรอบการกำจัดและการแพร่กระจาย ตามสมการ 5.3 จากการหาคำตอบ 10 ครั้ง พบว่าค่าเฉลี่ยกำลังไฟฟ้าสูญเสียเท่ากับ 61.50 kW และกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ดีที่สุดเท่ากับ 61.38 kW รอบเฉลี่ยที่เจอคำตอบเท่ากับ 262 จาก 408 รอบ ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าการปรับปรุงระยะทางเคลื่อนที่ของแบคทีเรีย ตามสมการ 5.3 มีแนวโน้มที่สามารถได้คำตอบคือกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ดี และมีแนวโน้มเจอคำตอบได้เร็ว

5.2.4 ทดสอบปรับปรุงระยะทางเคลื่อนที่ของแบคทีเรีย ให้เปลี่ยนแปลงไปตามค่าความเข้มข้นของสารอาหาร หรือ ค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสีย [32] โดยใช้ฟังก์ชันสมการเส้นตรง (Linear function) ปรับปรุงระยะทางการเคลื่อนที่ของแบคทีเรีย โดยหาค่า Factor a_1^x ตามสมการ 5.4 แล้วนำมาคูณกับระยะทางการเคลื่อนที่ ซึ่งลักษณะการเปลี่ยนแปลงของระยะทางการเคลื่อนที่ของประชากรแบคทีเรียแต่ละตัวจะแปรผันตามค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสีย หากค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบมีค่ามาก ระยะทางการเคลื่อนที่ของแบคทีเรียจะมีค่ามาก ทำให้การคำนวณสามารถเข้าสู่คำตอบได้เร็วขึ้น และหากค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบมีค่าน้อย ระยะทางการเคลื่อนที่ (Step size) ของแบคทีเรียจะมีค่าน้อยตามไปด้วย

ทำการทดสอบกับระบบทดสอบ IEEE ขนาด 33 บัส โดยกำหนดค่าพารามิเตอร์ดังนี้ คือ กำหนดให้จำนวนประชากรแบคทีเรีย (S) เท่ากับ 40 จำนวนรอบของการเคลื่อนที่ในขั้นตอนเคโมแทกซิส (N_c) เท่ากับ 50 ความยาวในการว่ายน้ำ (N_s) เท่ากับ 8 จำนวนรอบของการสืบพันธุ์ (N_r) เท่ากับ 4 จำนวนรอบของการกำจัดและการแพร่กระจาย (N_{ud}) เท่ากับ 2 ความเป็นไปได้ของการกำจัดและการแพร่กระจาย (P_{ud}) เท่ากับ 0.25 ระยะทางในการเคลื่อนที่สูงสุดของแบคทีเรีย (C_{max}) เท่ากับ 0.1 ทำการหาคำตอบจำนวน 10 เพื่อหาคำตอบการหาขนาดและตำแหน่งติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็กที่เหมาะสมโดยวิธีการหาอาหารของแบคทีเรีย (BFOA) ครั้ง แสดงดังตารางที่ 5.4

$$a_l^x = \left(\frac{C_{max}}{1 + \frac{8}{|j^x|}} \right) \quad (5.4)$$

ตารางที่ 5.4 การทดสอบการปรับปรุงระยะทางเคลื่อนที่ของแบคทีเรีย ที่เปลี่ยนแปลงตามค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์คือค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบ ตามสมการ 5.4

ครั้งที่	ตำแหน่งบัส	ขนาดของ DG			กำลังไฟฟ้าสูญเสีย (kW)	เวลาในการหาคำตอบ (นาท)	รอบที่เจอคำตอบ
		(MW)	(MVar)	P.F.			
1	6	3.5428	2.2687	0.842	77.65	8.90	29
2	6	3.7686	1.7202	0.910	80.81	8.82	5
3	6	2.6360	1.2666	0.901	64.66	8.95	211
4	6	2.6330	1.1307	0.919	66.70	8.69	4
5	6	2.9648	1.7272	0.864	63.72	8.96	4
6	6	2.5760	1.6783	0.838	61.45	8.82	4
7	6	2.5760	1.6783	0.838	61.45	8.49	206
8	28	1.9811	1.4174	0.813	65.51	8.93	205
9	28	2.0013	1.0101	0.893	69.46	8.42	224
10	6	2.9712	2.1588	0.809	65.94	8.93	20

สรุปผลการทดสอบการปรับปรุงระยะทางเคลื่อนที่ของแบคทีเรีย ให้เปลี่ยนแปลงตามตามค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์คือค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบ ดังสมการ 5.4 จากการหาคำตอบ 10 ครั้ง พบว่าค่าเฉลี่ยกำลังไฟฟ้าสูญเสียเท่ากับ 67.74 kW และกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ดีที่สุดเท่ากับ 61.45 kW รอบเฉลี่ยที่เจอคำตอบเท่ากับ 91 จาก 408 รอบ ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าการปรับปรุงระยะทางเคลื่อนที่ของแบคทีเรีย ตามสมการ 5.4 มีแนวโน้มเจอคำตอบได้เร็ว แต่เป็นคำตอบที่ไม่ดีเนื่องจากค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียมีค่ามาก

5.2.5 ทดสอบปรับปรุงระยะทางเคลื่อนที่ของแบคทีเรีย ให้เปลี่ยนแปลงไปตามค่าความเข้มข้นของสารอาหาร หรือ ค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสีย [32] โดยใช้ฟังก์ชันสมการยกกำลังสอง (Quadratic function) ปรับปรุงระยะการเคลื่อนที่ของแบคทีเรีย โดยหา factor a_q^x ตามสมการ 5.5 แล้วนำมาคูณกับระยะทางการเคลื่อนที่ ทำให้ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของระยะทางการเคลื่อนที่ของประชากรแบคทีเรียแต่ละตัว แปรผันตามค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสีย หากค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบมีค่ามาก ระยะทางการเคลื่อนที่ของแบคทีเรียจะมีค่ามาก ทำให้การคำนวณสามารถลู่เข้าสู่คำตอบได้เร็วขึ้น และหากค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบมีค่าน้อย ระยะทางการเคลื่อนที่ของแบคทีเรียจะมีค่าน้อยตามไปด้วย

ทำการทดสอบกับระบบทดสอบ IEEE ขนาด 33 บัส โดยกำหนดค่าพารามิเตอร์ดังนี้ คือ กำหนดให้จำนวนประชากรแบคทีเรีย (S) เท่ากับ 40 จำนวนรอบของการเคลื่อนที่ในขั้นตอนเคโมแทกซิส (N_c) เท่ากับ 50 ความยาวในการว่ายน้ำ (N_s) เท่ากับ 8 จำนวนรอบของการสืบพันธุ์ (N_{re}) เท่ากับ 4 จำนวนรอบของการกำจัดและการแพร่กระจาย (N_{dd}) เท่ากับ 2 ความเป็นไปได้ของการกำจัดและการแพร่กระจาย (P_{dd}) เท่ากับ 0.25 ระยะทางในการเคลื่อนที่สูงสุดของแบคทีเรีย (C_{max}) เท่ากับ 0.1 ทำการหาคำตอบจำนวน 10 ครั้ง เพื่อหาคำตอบการหาขนาดและตำแหน่งติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็กที่เหมาะสมโดยวิธีการหาอาหารของแบคทีเรีย (BFOA) แสดงดังตารางที่ 5.5

$$a_q^x = \left(\frac{C_{max}}{1 + \frac{C_{max}}{8}} \right) \frac{1}{0.95 * (|J^x|^2 + |J^x|)} \quad (5.5)$$

ตารางที่ 5.5 การทดสอบการปรับปรุงระยะทางเคลื่อนที่ของแบคทีเรีย ที่เปลี่ยนแปลงตามค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์คือค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบ ตามสมการ 5.5

ครั้งที่	ตำแหน่งบัส	ขนาดของ DG			กำลังไฟฟ้าสูญเสีย (kW)	เวลาในการหาคำตอบ (นาท)	รอบที่เจอคำตอบ
		(MW)	(MVar)	P.F.			
1	6	3.4839	1.5361	0.915	73.56	8.73	1
2	28	2.0470	1.2251	0.858	66.86	8.81	8
3	6	2.7422	1.6711	0.854	61.98	8.71	6
4	6	3.0566	1.7676	0.866	64.83	8.82	30
5	6	2.4829	1.7196	0.822	61.43	8.77	3
6	6	2.6316	1.9418	0.805	61.96	8.77	27
7	6	2.4877	0.9465	0.935	70.25	8.76	211

ตารางที่ 5.5 การทดสอบการปรับปรุงระยะทางเคลื่อนที่ของแบคทีเรีย ที่เปลี่ยนแปลงตามค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์คือค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบ ตามสมการ 5.5 (ต่อ)

ครั้งที่	ตำแหน่งบัส	ขนาดของ DG			กำลังไฟฟ้าสูญเสีย (kW)	เวลาในการหาคำตอบ (นาที)	รอบที่เจอคำตอบ
8	6	2.8974	1.8891	0.838	63.26	8.73	6
9	6	2.6216	1.4899	0.869	62.37	8.74	215
10	6	3.0211	1.4575	0.901	65.56	8.76	1

สรุปผลการทดสอบการปรับปรุงระยะทางเคลื่อนที่ของแบคทีเรีย ให้เปลี่ยนแปลงตามตามค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์คือค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบ ดังสมการ 5.5 จากการหาคำตอบ 10 ครั้ง พบว่าค่าเฉลี่ยกำลังไฟฟ้าสูญเสียเท่ากับ 65.21 kW และกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ดีที่สุดเท่ากับ 61.43 kW รอบเฉลี่ยที่เจอคำตอบเท่ากับ 50 จาก 408 รอบ ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าการปรับปรุงระยะทางเคลื่อนที่ของแบคทีเรีย ตามสมการ 5.5 มีแนวโน้มเจอคำตอบได้เร็ว แต่เป็นคำตอบที่ไม่ดีเนื่องจากค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียมีค่ามาก

5.2.6 ทดสอบปรับปรุงระยะทางเคลื่อนที่ของแบคทีเรีย ให้เปลี่ยนแปลงไปตามค่าความเข้มข้นของสารอาหาร หรือ ค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสีย [32] ใช้ฟังก์ชันสมการเอกซ์โพเนนเชียล (Exponential function) ปรับปรุงระยะการเคลื่อนที่ของแบคทีเรีย โดยหา factor a^x ตามสมการ 5.6 แล้วนำมาคูณกับระยะทางการเคลื่อนที่ ทำให้ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของระยะทางการเคลื่อนที่ (Step size) ของประชากรแบคทีเรียแต่ละตัว แปรผันตามค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสีย หากกำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบมีค่ามาก ระยะทางการเคลื่อนที่ (Step size) ของแบคทีเรียจะมีค่ามาก ทำให้การคำนวณสามารถเข้าสู่สู่คำตอบได้เร็วขึ้น และหากกำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบมีค่าน้อย ระยะทางการเคลื่อนที่ (Step size) ของแบคทีเรียจะมีค่าน้อยตามไปด้วย ทำการทดสอบโดยกำหนดค่าพารามิเตอร์ดังนี้ คือ กำหนดให้จำนวนประชากรแบคทีเรีย (S) เท่ากับ 40 จำนวนรอบของการเคลื่อนที่ในขั้นตอนเคโมแทกซิส (N_c) เท่ากับ 50 ความยาวในการว่ายน้ำ (N_s) เท่ากับ 8 จำนวนรอบของการสืบพันธุ์ (N_{re}) เท่ากับ 4 จำนวนรอบของการกำจัดและการแพร่กระจาย (N_{ed}) เท่ากับ 2 ความเป็นไปได้ของการกำจัดและการแพร่กระจาย (P_{ed}) เท่ากับ 0.25 ระยะทางในการเคลื่อนที่สูงสุดของแบคทีเรีย (C_{max}) เท่ากับ 0.1 ทำการหาคำตอบจำนวน 10 ครั้ง เพื่อหาคำตอบการหาขนาดและตำแหน่งติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็กที่เหมาะสมโดยวิธีการหาอาหารของแบคทีเรีย (BFOA) แสดงดังตารางที่ 5.6

$$a^x = \left(\frac{C_{max}}{1 + \frac{20}{e^{0.088 * |J^x|}}} \right) \quad (5.6)$$

ตารางที่ 5.6 การทดสอบการปรับปรุงระยะทางเคลื่อนที่ของแบคทีเรีย ที่เปลี่ยนแปลงตามค่า ฟังก์ชันวัตถุประสงค์คือค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบ ตามสมการ 5.6

ครั้งที่	ตำแหน่ง บัส	ขนาดของ DG			กำลังไฟฟ้า สูญเสีย (kW)	เวลาในการ หาคำตอบ (นาท)	รอบที่เจอ คำตอบ
		(MW)	(MVA _r)	P.F.			
1	6	2.9442	1.5968	0.879	63.81	8.80	14
2	6	2.5031	1.7240	0.824	61.40	8.82	15
3	6	3.1997	2.0905	0.837	68.46	8.76	3
4	6	2.7983	1.9191	0.825	62.60	8.81	4
5	6	3.1983	1.9637	0.852	67.54	8.74	214
6	6	2.7172	1.6332	0.857	61.96	8.82	8
7	6	2.2571	1.4505	0.841	63.70	8.74	227
8	6	2.1823	1.5821	0.810	63.52	8.81	215
9	6	2.7823	1.4287	0.890	63.53	8.98	13
10	6	2.1823	1.5821	0.810	63.52	8.70	28

สรุปผลการทดสอบการปรับปรุงระยะทางเคลื่อนที่ของแบคทีเรีย ให้เปลี่ยนแปลงตามตามค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์คือค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบ ดังสมการ 5.6 จากการหาคำตอบ 10 ครั้ง พบว่าค่าเฉลี่ยกำลังไฟฟ้าสูญเสียเท่ากับ 64.01 kW และกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ดีที่สุดเท่ากับ 61.40 kW รอบเฉลี่ยที่เจอคำตอบเท่ากับ 74 จาก 408 รอบ ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าการปรับปรุงระยะทางเคลื่อนที่ของแบคทีเรีย ตามสมการ 5.6 มีแนวโน้มเจอคำตอบได้เร็ว แต่เป็นคำตอบที่ไม่ดีเนื่องจากค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียมีค่ามาก

5.2.7 ทดสอบปรับปรุงระยะทางเคลื่อนที่ของแบคทีเรีย ให้เปลี่ยนแปลงตามค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์คือความเข้มข้นของสารอาหาร หรือ ค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสีย [29, 30] ตามสมการ 5.7 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของระยะทางการเคลื่อนที่ (Step size) ของประชากรแบคทีเรียแต่ละตัวแปรผันตามความแตกต่างของค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียที่คำนวณได้ปัจจุบัน กับค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียครั้งก่อนที่บันทึกไว้ หากค่าความแตกต่างของกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่คำนวณได้ปัจจุบัน กับกำลังไฟฟ้าสูญเสียครั้งก่อนมีค่ามากระยะทางการเคลื่อนที่ของแบคทีเรียก็จะมาก และหากค่าความแตกต่างของกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่คำนวณได้ปัจจุบัน กับกำลังไฟฟ้าสูญเสียครั้งก่อนมีค่าน้อยระยะทางการเคลื่อนที่ของแบคทีเรียก็จะน้อยตามไปด้วย ทำการทดสอบโดยกำหนดค่าพารามิเตอร์ดังนี้ คือ กำหนดให้จำนวนประชากรแบคทีเรีย (S) เท่ากับ 40 จำนวนรอบของการเคลื่อนที่ในขั้นตอนเคโมแทกซิส (N_C) เท่ากับ 50 ความยาวในการว่ายน้ำ (N_S) เท่ากับ 8 จำนวนรอบของการสืบพันธุ์ (N_{re}) เท่ากับ 4 จำนวนรอบของการกำจัดและการแพร่กระจาย (N_{cd}) เท่ากับ 2 ความเป็นไปได้ของการกำจัดและการแพร่กระจาย (P_{cd}) เท่ากับ 0.25 และกำหนดให้ค่าคงที่ λ เท่ากับ 400 ทำการหาคำตอบจำนวน

10 ครั้ง เพื่อหาคำตอบการหาขนาดและตำแหน่งติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็กที่เหมาะสมโดยวิธีการหาอาหารของแบคทีเรีย (BFOA) แสดงดังตารางที่ 5.7

$$C(x) = \frac{|J(X) - J_{best}|}{|J(X) - J_{best}| + \lambda} \quad (5.7)$$

ตารางที่ 5.7 การทดสอบการปรับปรุงระยะทางเคลื่อนที่ของแบคทีเรีย ที่เปลี่ยนแปลงตามค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์คือค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบ ตามสมการ 5.7

ครั้งที่	ตำแหน่งบัส	ขนาดของ DG			กำลังไฟฟ้าสูญเสีย (kW)	เวลาในการหาคำตอบ (นาท)	รอบที่เจอคำตอบ
		(MW)	(MVAr)	P.F.			
1	6	2.6330	1.6684	0.845	61.57	7.78	381
2	6	2.8898	1.7247	0.859	62.96	7.85	160
3	27	2.1614	1.2588	0.864	65.93	7.84	162
4	6	2.5511	1.9124	0.800	61.73	7.86	350
5	6	2.8349	1.9915	0.818	63.25	7.91	291
6	6	2.7469	1.6271	0.860	62.12	7.93	248
7	6	3.0903	2.0226	0.837	66.23	7.86	268
8	6	2.7951	1.5383	0.876	62.82	7.86	11
9	6	2.7951	1.5383	0.876	62.82	7.82	3
10	6	2.5732	1.8135	0.817	61.44	7.81	352

สรุปผลการทดสอบการปรับปรุงระยะทางเคลื่อนที่ของแบคทีเรีย (Step size) ให้เปลี่ยนแปลงตามค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์คือค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบ ดังสมการ 5.7 จากการหาคำตอบ 10 ครั้ง พบว่าค่าเฉลี่ยกำลังไฟฟ้าสูญเสียเท่ากับ 63.09 kW และกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ดีที่สุดเท่ากับ 61.44 kW รอบเฉลี่ยที่เจอคำตอบเท่ากับ 223 จาก 408 รอบ ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าการปรับปรุงระยะทางเคลื่อนที่ของแบคทีเรีย ตามสมการ 5.7 มีแนวโน้มเจอคำตอบที่ไม่ดี เนื่องจากค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียมีค่ามาก

5.2.8 ทดสอบปรับปรุงระยะทางเคลื่อนที่ของแบคทีเรีย (Step size) ให้เปลี่ยนแปลงไปตามค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ คือความเข้มข้นของสารอาหาร หรือ ค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสีย [31] ตามสมการ 5.8 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของระยะทางการเคลื่อนที่ (Step size) ของประชากรแบคทีเรียแต่ละตัวแปรผันตามค่าความแตกต่างของค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียที่คำนวณได้ปัจจุบัน กับกำลังไฟฟ้าสูญเสียครั้งก่อนที่บันทึกไว้ หากค่าความแตกต่างของกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่คำนวณได้ปัจจุบัน กับกำลังไฟฟ้าสูญเสียครั้งก่อนมีค่ามากระยะทางการเคลื่อนที่ของแบคทีเรียก็จะมาก และหากค่าความแตกต่างของกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่คำนวณได้ปัจจุบัน กับกำลังไฟฟ้าสูญเสียครั้งก่อนมีค่าน้อยระยะทางการเคลื่อนที่

ของแบคทีเรียก็จะน้อยตามไปด้วย ทำการทดสอบโดยกำหนดค่าพารามิเตอร์ดังนี้ คือ กำหนดให้จำนวนประชากรแบคทีเรีย (S) เท่ากับ 40 จำนวนรอบของการเคลื่อนที่ในขั้นตอนเคโมแทกซิส (N_C) เท่ากับ 50 ความยาวในการว่ายน้ำ (N_s) เท่ากับ 8 จำนวนรอบของการสืบพันธุ์ (N_{re}) เท่ากับ 4 จำนวนรอบของการกำจัดและการแพร่กระจาย (N_{ex}) เท่ากับ 2 ความเป็นไปได้ของการกำจัดและการแพร่กระจาย (P_{ex}) เท่ากับ 0.25 และกำหนดให้ค่าคงที่ λ เท่ากับ 5000 ทำการหาคำตอบจำนวน 10 ครั้ง เพื่อหาคำตอบการหาขนาดและตำแหน่งติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็กที่เหมาะสมโดยวิธีการหาอาหารของแบคทีเรีย (BFOA) แสดงดังตารางที่ 5.8

$$C(x) = \frac{|J(X) - J_{best}| + 1}{\lambda} \quad (5.8)$$

ตารางที่ 5.8 การทดสอบการปรับปรุงระยะทางเคลื่อนที่ของแบคทีเรีย ที่เปลี่ยนแปลงตามค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์คือค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบ ตามสมการ 5.8

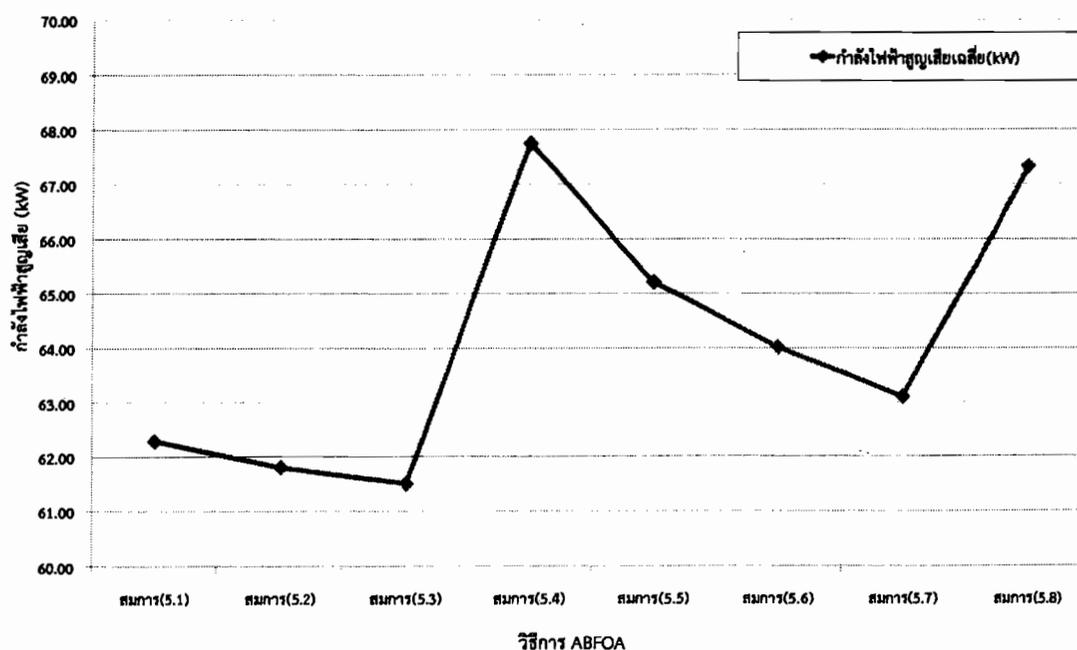
ครั้งที่	ตำแหน่ง บัส	ขนาดของ DG			กำลังไฟฟ้า สูญเสีย (kW)	เวลาในการ หาคำตอบ (นาท)	รอบที่เจอ คำตอบ
		(MW)	(MVA _r)	P.F.			
1	6	2.3221	1.4128	0.854	63.58	9.04	258
2	6	3.4771	1.6437	0.904	72.91	9.41	19
3	6	3.0764	1.8866	0.852	65.32	9.43	5
4	6	2.6909	1.9922	0.804	62.43	9.47	355
5	6	2.3279	1.4490	0.849	63.23	9.33	13
6	6	2.9640	0.5977	0.980	81.90	9.33	211
7	6	3.0133	2.1611	0.813	66.45	9.39	212
8	6	2.9375	2.1501	0.807	65.49	9.48	231
9	6	3.0383	2.2359	0.805	67.63	9.38	56
10	6	2.2519	1.3966	0.850	64.22	9.37	14

สรุปผลการทดสอบการปรับปรุงระยะทางเคลื่อนที่ของแบคทีเรีย ให้เปลี่ยนแปลงตามตามค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์คือค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบ ดังสมการ 5.8 จากการหาคำตอบ 10 ครั้ง พบว่าค่าเฉลี่ยกำลังไฟฟ้าสูญเสียเท่ากับ 67.32 kW และกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ดีที่สุดเท่ากับ 62.43 kW รอบเฉลี่ยที่เจอคำตอบเท่ากับ 137 จาก 408 รอบ ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าการปรับปรุงระยะทางเคลื่อนที่ของแบคทีเรีย ตามสมการ 5.8 มีแนวโน้มเจอคำตอบที่ไม่ดี เนื่องจากค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียมีค่ามาก

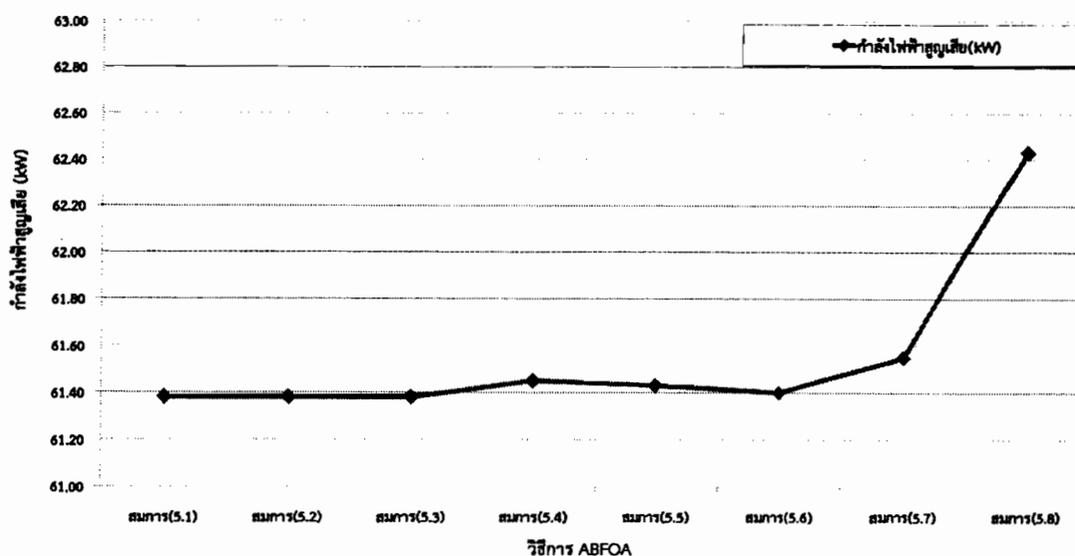
ทำการเปรียบเทียบผลการทดสอบการปรับปรุงระยะทางเคลื่อนที่ของแบคทีเรีย (Step size) แบบต่างๆ แสดงผลตามตาราง 5.9 และ ภาพที่ 5.1 – 5.3 เพื่อนำมาวิเคราะห์หาวิธีการที่เหมาะสมเพื่อประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงระยะทางเคลื่อนที่ของแบคทีเรียในวิทยานิพนธ์นี้

ตารางที่ 5.9 การทดสอบการปรับปรุงระยะทางเคลื่อนที่ของแบคทีเรีย ด้วยวิธีการ ABFOA แบบต่างๆ

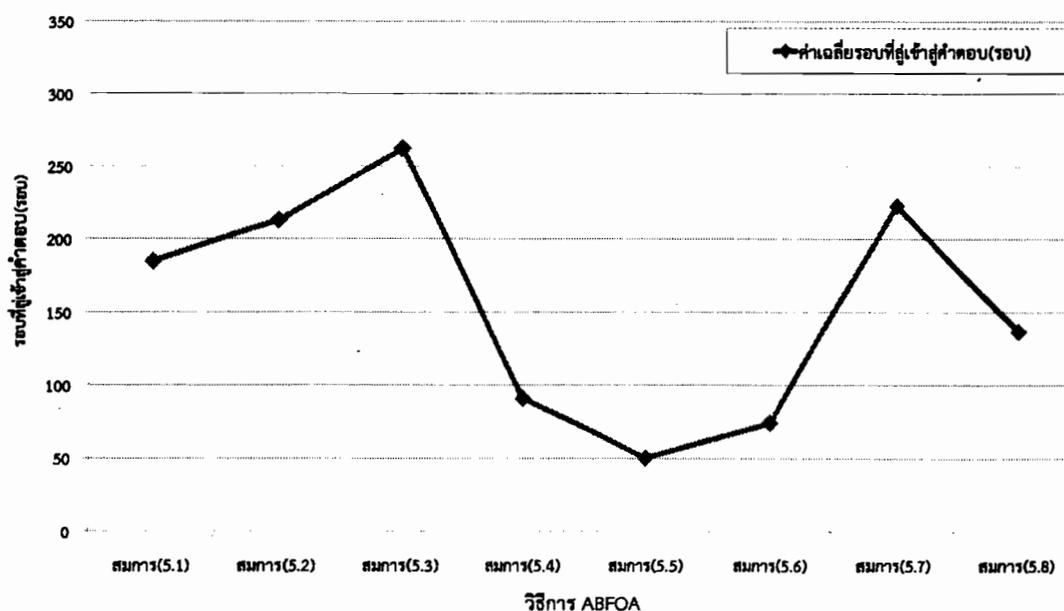
วิธีการ ABFOA	ค่าเฉลี่ยกำลังไฟฟ้าสูญเสียจากการหาค่าตอบ 10 ครั้ง (kW)	กำลังไฟฟ้าสูญเสียน้อยที่สุด (kW)	ค่าเฉลี่ยรอบที่เจอคำตอบ
สมการ (5.1)	62.29	61.38	185
สมการ (5.2)	61.80	61.38	213
สมการ (5.3)	61.50	61.38	262
สมการ (5.4)	67.74	61.45	91
สมการ (5.5)	65.21	61.43	50
สมการ (5.6)	64.01	61.4	74
สมการ (5.7)	63.09	61.55	223
สมการ (5.8)	67.32	62.43	137



ภาพที่ 5.1 กำลังไฟฟ้าสูญเสียเฉลี่ยจากการหาค่าตอบ 10 ครั้ง ของการทดสอบการปรับปรุงระยะทางเคลื่อนที่ของแบคทีเรีย



ภาพที่ 5.2 กำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ดีที่สุดจากการหาคำตอบ 10 ครั้ง ของการทดสอบการปรับปรุงระยะทางเคลื่อนที่ของแบคทีเรีย



ภาพที่ 5.3 ค่าเฉลี่ยรอบที่เข้าสู่คำตอบของการทดสอบการปรับปรุงระยะทางเคลื่อนที่ของแบคทีเรีย

สรุปผลการทดสอบการปรับปรุงระยะทางเคลื่อนที่ของแบคทีเรีย พบว่ากำลังไฟฟ้ากำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ดีที่สุดในการหาคำตอบ 10 ครั้ง เท่ากับ 61.38 kW คำนวณจากวิธีการ ABFOA สมการ 5.1, 5.2 และ 5.3 คือการปรับปรุงระยะทางเคลื่อนที่ของแบคทีเรีย ให้เปลี่ยนแปลงตามจำนวนรอบของการเคลื่อนที่ในขั้นตอนเคโมแทกซิส และจำนวนรอบของขั้นตอนการสืบพันธุ์ การกำจัดและการแพร่กระจาย โดยที่ค่าเฉลี่ยกำลังไฟฟ้าสูญเสียดีที่สุดในการหาคำตอบ 10 ครั้ง เท่ากับ

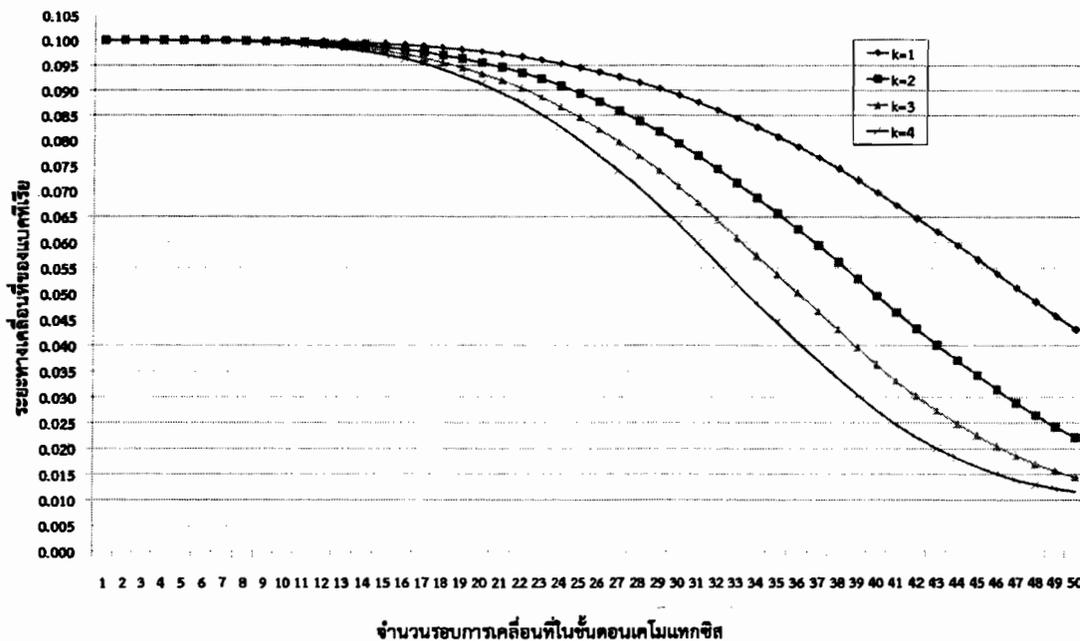
61.50 KW คำนวณจากวิธีการ ABFOA ดังสมการ 5.2 คือการปรับปรุงระยะทางเคลื่อนที่ของแบคทีเรีย ให้เปลี่ยนแปลงตามจำนวนรอบของการเคลื่อนที่ในขั้นตอนเคโมแทกซิส ส่วนการปรับปรุงระยะทางเคลื่อนที่ของแบคทีเรีย ให้เปลี่ยนแปลงตามค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียสามารถเข้าสู่คำตอบได้เร็วตามภาพที่ 5.3 แต่คำตอบที่ได้ทำไม่ได้เท่าที่ควร คือกำลังไฟฟ้าสูญเสียมีแนวโน้มมีค่าที่มาก จึงไม่เหมาะกับการหาคำตอบของการหาขนาดและตำแหน่งโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก ที่มีลักษณะของปัญหาไม่เป็นเชิงเส้นแบบมัลติเอกซ์โพเนนเชียล (Multi-exponential)

ดังนั้นจึงใช้แนวคิดจากการปรับปรุงระยะทางเคลื่อนที่ของแบคทีเรีย ให้เปลี่ยนแปลงตามจำนวนรอบของการเคลื่อนที่ในขั้นตอนเคโมแทกซิส และจำนวนรอบของขั้นตอนการสืบพันธุ์ มาสร้างสมการที่ใช้ในการปรับระยะการเคลื่อนที่ของแบคทีเรียในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

5.3 การปรับปรุงระยะทางการเคลื่อนที่ (Step Size) ของแบคทีเรีย ที่ใช้ในวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์นี้ได้ประยุกต์ใช้การปรับปรุงระยะทางเคลื่อนที่ของแบคทีเรีย ให้เปลี่ยนแปลงจำนวนรอบของการเคลื่อนที่ในขั้นตอนเคโมแทกซิส และจำนวนรอบของขั้นตอนการสืบพันธุ์ ในรูปแบบสมการฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล ตามสมการ 5.9 ซึ่งระยะทางการเคลื่อนที่ของแบคทีเรียจะแปรผันตามจำนวนรอบการเคโมแทกซิส และจำนวนรอบของการสืบพันธุ์ โดยในรอบการคำนวณต่างๆ ของการเคลื่อนที่ในขั้นตอนเคโมแทกซิส แบคทีเรียจะเคลื่อนที่ด้วยระยะทางที่มาก ถ้าจำนวนรอบการเคโมแทกซิสมีค่ามากขึ้น ระยะทางเคลื่อนที่ของแบคทีเรียจะมีค่าลดลง แต่ละรอบของการสืบพันธุ์ ระยะทางการเคลื่อนที่ของแบคทีเรียจะมีค่าแตกต่างกัน โดยระยะทางการเคลื่อนที่ของแบคทีเรียจะลดลงในลักษณะของกราฟเอกซ์โพเนนเชียล วิธีการนี้สามารถป้องกันการข้ามคำตอบที่ดีที่สุด และทำให้สามารถเข้าใกล้คำตอบที่ดีที่สุด คือกำลังไฟฟ้าสูญเสียน้อยที่สุด ซึ่งส่งผลดีต่อเวลาของการเจอคำตอบที่ดีที่สุด ดังภาพที่ 5.4

$$C(x) = C_{\min} + \exp\left(-k * \left(\frac{c}{N_c}\right)^n\right) * (C_{\max} - C_{\min}) \quad (5.9)$$



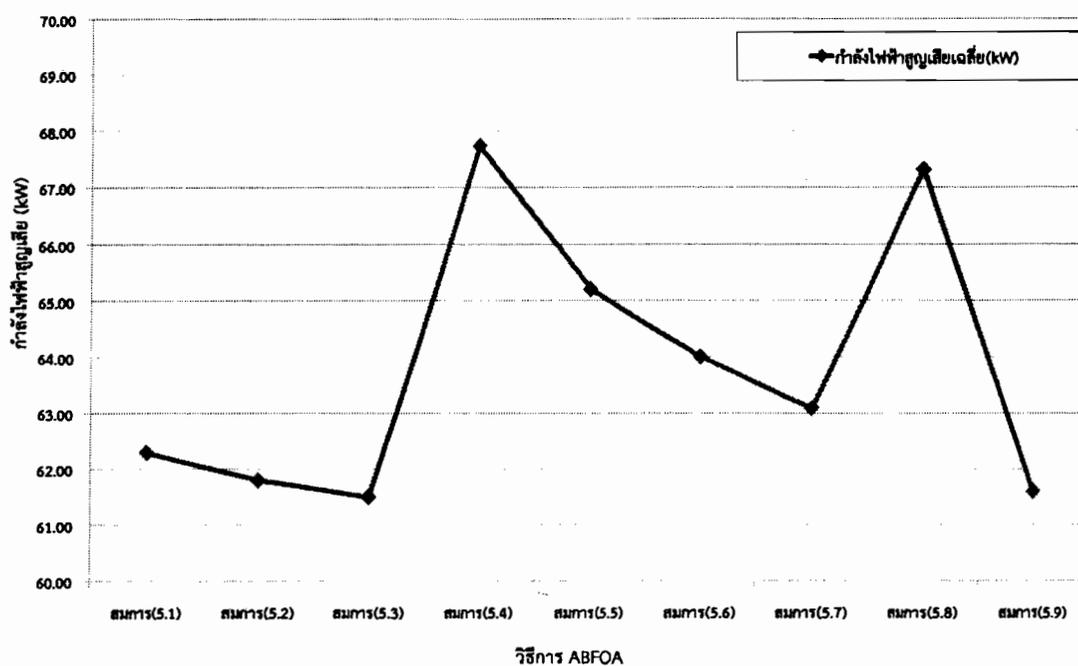
ภาพที่ 5.4 ระยะทางเคลื่อนที่ของแมงเบญจที่ใช้ในวิทยานิพนธ์

ทำการทดสอบหาขนาดและตำแหน่งติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็กที่เหมาะสม จำนวน 1 โรง ทำการทดสอบกับระบบ IEEE 33 บัส ซึ่งเป็นระบบจำหน่ายไฟฟ้าแบบเรเดียล มีจำนวนบัสทั้งหมด 33 บัส และกำหนดให้ Base MVA เท่ากับ 100 Base kV เท่ากับ 12.66 บัสอ้างอิง คือ บัส 1 แรงดันไฟฟ้าที่บัส 1 เท่ากับ 1.0 เพอร์ยูนิต ข้อมูลกำลังไฟฟ้าจริงของโหลดรวม 3.715 MW กำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟของโหลดรวม 2.30 MVar กำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบในสภาวะปกติ (Base Case) เท่ากับ 202.69 kW

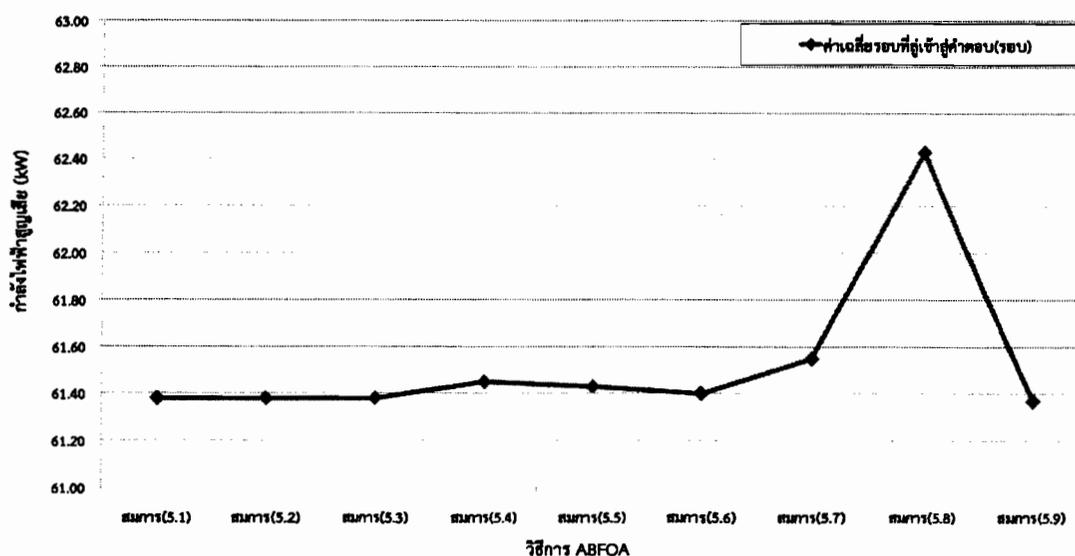
กำหนดค่าพารามิเตอร์ดังนี้ คือ กำหนดให้จำนวนประชากรแมงเบญจ (S) เท่ากับ 40 จำนวนรอบของการเคลื่อนที่ในขั้นตอนเคโมแทกซิส (N_c) เท่ากับ 50 ความยาวในการว่ายน้ำ (N_s) เท่ากับ 8 จำนวนรอบของการสืบพันธุ์ (N_{re}) เท่ากับ 4 จำนวนรอบของการกำจัดและการแพร่กระจาย (N_{ed}) เท่ากับ 2 ความเป็นไปได้ของการกำจัดและการแพร่กระจาย (P_{ed}) เท่ากับ 0.25 และระยะการเปลี่ยนแปลงค่าปริมาณการจ่ายกำลังไฟฟ้าจริงของ DG คำนวณได้ตามสมการ 5.9 โดยกำหนดระยะทางในการเคลื่อนที่สูงสุดของแมงเบญจ (C_{max}) ของปริมาณการจ่ายกำลังไฟฟ้าจริงของ DG และค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ของ DG เท่ากับ 0.1 และ 0.01 ตามลำดับ ระยะทางในการเคลื่อนที่ต่ำสุดของแมงเบญจ (C_{min}) ของปริมาณการจ่ายกำลังไฟฟ้าจริงของ DG และค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ของ DG เท่ากับ 0.01 และ 0.001 ตามลำดับ และค่าคงที่ η เท่ากับ 4 ทำการหาคำตอบจำนวน 10 ครั้ง เพื่อหาคำตอบการหาขนาดและตำแหน่งติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็กที่เหมาะสมโดยวิธีการหาอาหารของแมงเบญจ (ABFOA) แสดงดังตารางที่ 5.10 และเปรียบเทียบผลการทดสอบการปรับปรุงระยะทางเคลื่อนที่ของแมงเบญจที่ใช้ในวิทยานิพนธ์ ตามสมการ 5.9 กับสมการ 5.1 – 5.8 แสดงผลดังตารางที่ 5.10 และภาพที่ 5.5 – 5.7

ตารางที่ 5.10 การทดสอบการปรับปรุงระยะทางเคลื่อนที่ของแบคทีเรีย ด้วยวิธีการ ABFOA ตามสมการ 5.1 - 5.9

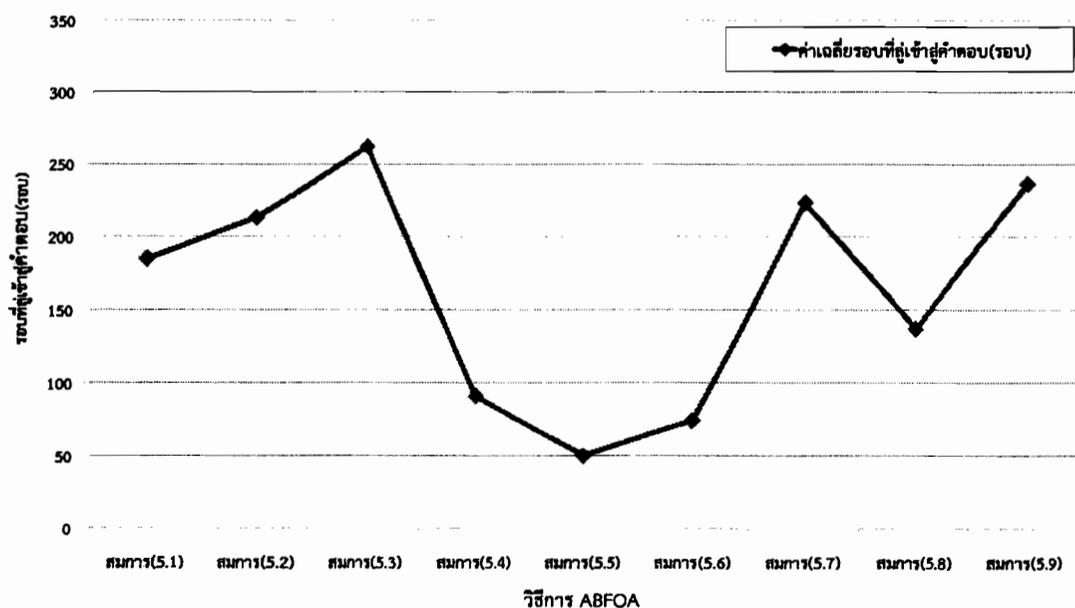
วิธีการ ABFOA	ค่าเฉลี่ยกำลังไฟฟ้าสูญเสียจากการหาคำตอบ 10 ครั้ง (kW)	กำลังไฟฟ้าสูญเสีย น้อยที่สุด (kW)	ค่าเฉลี่ยรอบที่เจอคำตอบ
สมการ (5.1)	62.29	61.38	185
สมการ (5.2)	61.80	61.38	213
สมการ (5.3)	61.50	61.38	262
สมการ (5.4)	67.74	61.45	91
สมการ (5.5)	65.21	61.43	50
สมการ (5.6)	64.01	61.40	74
สมการ (5.7)	63.09	61.55	223
สมการ (5.8)	67.32	62.43	137
สมการ (5.9)	61.60	61.37	236



ภาพที่ 5.5 กำลังไฟฟ้าสูญเสียเฉลี่ยจากการหาคำตอบ 10 ครั้ง ของวิธีการ ABFOA ตามสมการ 5.1 -5.9



ภาพที่ 5.6 กำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ดีที่สุดจากการหาคำตอบ 10 ครั้ง ของวิธีการ ABFOA ตามสมการ 5.1 -5.9



ภาพที่ 5.7 ค่าเฉลี่ยรอบที่เข้าสู่คำตอบของวิธีการ ABFOA ตามสมการ 5.1 -5.9

สรุปผลการทดสอบการปรับปรุงระยะทางเคลื่อนที่ของแบคทีเรีย ตามสมการ 5.9 จากการหาคำตอบ 10 ครั้ง พบว่าค่าเฉลี่ยกำลังไฟฟ้าสูญเสียเท่ากับ 61.60 kW และกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ดีที่สุดเท่ากับ 61.37 kW รอบเฉลี่ยที่เจอคำตอบเท่ากับ 236 จาก 408 รอบ เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการแบบอื่น (สมการ 5.1 - 5.8) พบว่าการปรับปรุงระยะทางเคลื่อนที่ของแบคทีเรีย ตามสมการ 5.9 มีแนวโน้มที่สามารถได้คำตอบคือกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ดีที่สุด และมีแนวโน้มเจอคำตอบได้เร็ว ใกล้เคียงกับสมการ 5.1 - 5.3 ตามภาพที่ 5.5 - 5.7 สรุปได้ว่าการปรับปรุงระยะทางเคลื่อนที่ของแบคทีเรีย ตาม

สมการ 5.9 ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการค้นหาคำตอบของวิธีการ BFOA สามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อแก้ปัญหาการหาขนาดและตำแหน่งติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก ที่ทำให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบจำหน่ายไฟฟ้ามีค่าน้อยที่สุดได้

5.4 การทดสอบหาขนาดและตำแหน่งติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก จำนวน 1 โรง ด้วยวิธีการ ABFOA กับระบบทดสอบ IEEE ขนาด 33 บัส

ทำการทดสอบหาขนาดและตำแหน่งติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็กที่เหมาะสม จำนวน 1 โรง ทำการทดสอบกับระบบ IEEE 33 บัส ซึ่งเป็นระบบจำหน่ายไฟฟ้าแบบเรเดียล มีจำนวนบัสทั้งหมด 33 บัส ข้อมูลกำลังไฟฟ้าจริงของโหลดรวม 3.715 MW กำลังไฟฟารีแอคทีฟของโหลดรวม 2.30 MVar กำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบในสภาวะปกติ (Base Case) เท่ากับ 202.69 kW และกำหนดให้ Base MVA เท่ากับ 100 Base kV เท่ากับ 12.66 บัสอ้างอิง คือ บัส 1 แรงดันไฟฟ้าที่บัส 1 เท่ากับ 1.0 เพอร์ยูนิต

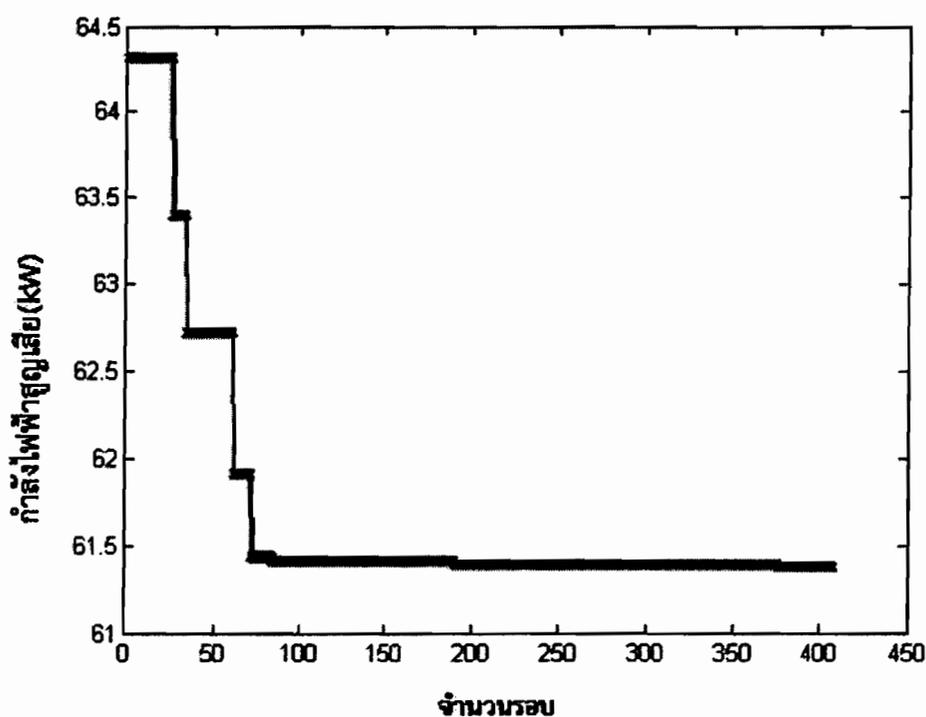
ใช้วิธีการเลือกกลุ่มคำตอบของตำแหน่งติดตั้งของ DG เบื้องต้น โดยใช้ Factor ของค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียของสายจำหน่าย ซึ่งกลุ่มของบัสคำตอบ 25 เพอร์เซ็นต์จากจำนวนบัสทั้งหมดของระบบ มีจำนวน 8 บัส คือ บัส 2, 3, 5, 6, 4, 1, 27 และ 28 และใช้วิธีการหาอาหารของแบคทีเรียเพื่อหาขนาดและตำแหน่งที่เหมาะสมของโรงไฟฟ้าขนาดเล็กที่ทำให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบมีค่าน้อยที่สุด

กำหนดค่าพารามิเตอร์ดังนี้ คือ กำหนดให้จำนวนประชากรแบคทีเรีย (S) เท่ากับ 40 จำนวนรอบของการเคลื่อนที่ในขั้นตอนเคโมแทกซิส (N_c) เท่ากับ 50 ความยาวในการว่ายน้ำ (N_s) เท่ากับ 8 จำนวนรอบของการสืบพันธุ์ (N_r) เท่ากับ 4 จำนวนรอบของการกำจัดและการแพร่กระจาย (N_{cd}) เท่ากับ 2 ความเป็นไปได้ของการกำจัดและการแพร่กระจาย (P_{cd}) เท่ากับ 0.25 และระยะการเปลี่ยนแปลงค่าปริมาณการจ่ายกำลังไฟฟ้าจริงของ DG คำนวณได้ตามสมการ 5.9 โดยกำหนดระยะทางในการเคลื่อนที่สูงสุดของแบคทีเรีย (C_{max}) ของปริมาณการจ่ายกำลังไฟฟ้าจริงของ DG และค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ของ DG เท่ากับ 0.1 และ 0.01 ตามลำดับ ระยะทางในการเคลื่อนที่ต่ำสุดของแบคทีเรีย (C_{min}) ของปริมาณการจ่ายกำลังไฟฟ้าจริงของ DG และค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ของ DG เท่ากับ 0.01 และ 0.001 ตามลำดับ และค่าคงที่ n เท่ากับ 4 ทำการหาคำตอบจำนวน 10 ครั้ง เพื่อหาคำตอบการหาขนาดและตำแหน่งติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็กที่เหมาะสมโดยวิธีการหาอาหารของแบคทีเรีย (ABFOA) แสดงดังตารางที่ 5.11

ตารางที่ 5.11 การทดสอบหาขนาดและตำแหน่งติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก จำนวน 1 โรง ด้วยวิธีการ ABFOA กับระบบทดสอบ IEEE ขนาด 33 บัส

ครั้งที่	ตำแหน่งบัส	ขนาดของ DG			กำลังไฟฟ้าสูญเสีย (kW)	เวลาในการหาคำตอบ (นาทีก)	รอบที่เจอคำตอบ
		(MW)	(MVar)	P.F.			
1	6	2.5554	1.8320	0.813	61.46	8.43	38
2	6	2.5363	1.7556	0.822	61.37	8.66	376
3	6	2.5790	1.7111	0.833	61.41	8.64	137
4	6	2.6996	1.8312	0.828	61.78	8.68	173
5	6	2.5430	1.6152	0.844	61.62	8.68	23
6	6	2.5281	1.7595	0.821	61.38	8.60	367
7	6	2.5103	1.8112	0.811	61.44	8.62	275
8	6	2.5676	1.7183	0.831	61.39	8.73	387
9	6	2.5119	1.6250	0.840	61.60	8.59	111
10	6	2.5470	1.7596	0.823	61.37	8.70	401

สรุปผลการทดสอบวิธีการ Adaptive bacterial foraging optimization algorithm (ABFOA) ที่ใช้การปรับปรุงระยะทางเคลื่อนที่ของแบคทีเรียให้เปลี่ยนแปลงตามจำนวนรอบของการเคลื่อนที่ในขั้นตอนเคโมแทกซิส และจำนวนรอบของขั้นตอนการสืบพันธุ์ ตามสมการ 5.9 เพื่อหาขนาดและตำแหน่งติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็กที่ทำให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียน้อยที่สุด จากการทดสอบจำนวน 10 ครั้ง กำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบเฉลี่ยเท่ากับ 61.48 kW รอบเฉลี่ยที่เจอคำตอบเท่ากับ 229 จากรอบการคำนวณ 408 รอบ ใช้เวลาคำนวณเฉลี่ย 8.63 นาที และพบว่าเมื่อติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก จำนวน 1 โรง ขนาด 2.5363 MW 1.7556 MVar ที่บัส 6 กำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบมีค่าน้อยที่สุดเท่ากับ 61.37 kW

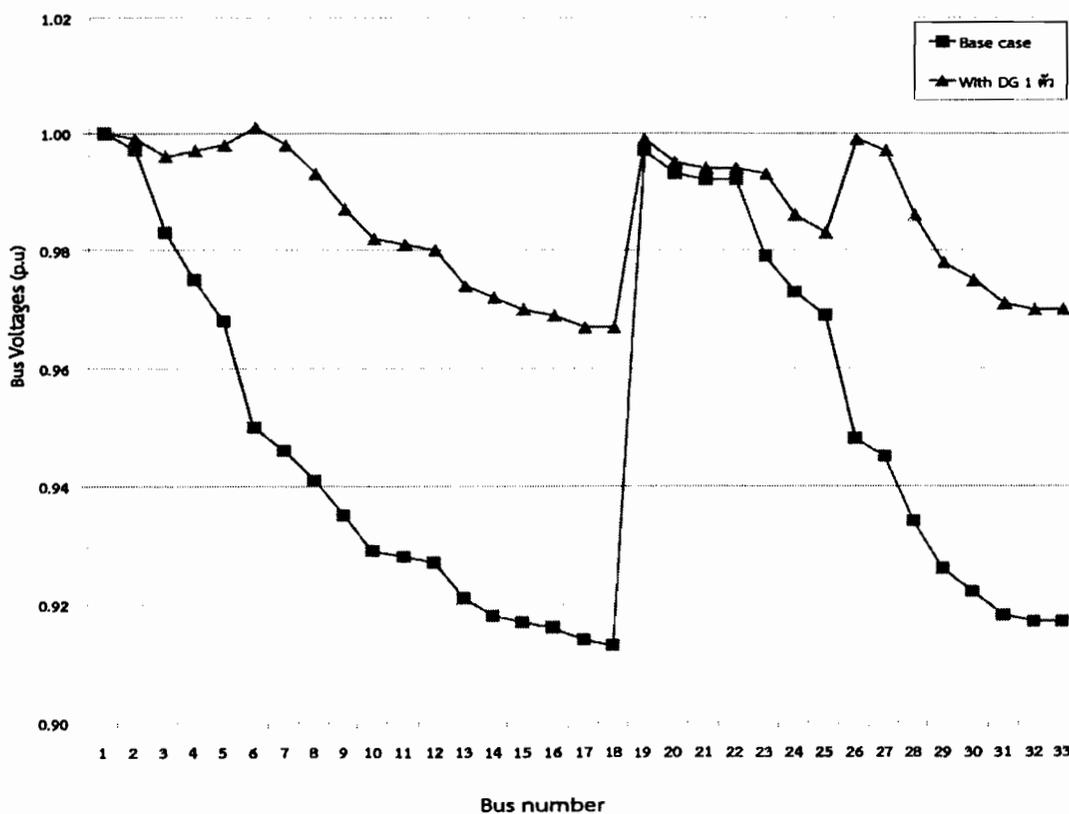


ภาพที่ 5.8 การลู่เข้าสู่คำตอบของวิธีการ ABFOA จากการหาคำตอบครั้งที่ 2 ของตารางที่ 5.11

จากการทดสอบหาขนาดและตำแหน่งติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก จำนวน 1 โรง ใช้การเลือกกลุ่มคำตอบของตำแหน่งติดตั้งของ DG เบื้องต้น และปรับปรุงระยะทางเคลื่อนที่ของแบคทีเรีย ให้เปลี่ยนแปลงตามสมการ 5.9 กับระบบทดสอบ ขนาด 33 บัส ทำการหาคำตอบจำนวน 10 ครั้ง พบว่าการคำนวณหาคำตอบครั้งที่ 2 ได้คำตอบที่ทำให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบมีค่าน้อยที่สุด ซึ่งรอบที่เจอคำตอบที่ดีที่สุดเท่ากับ 376 จากรอบการคำนวณ 408 รอบ ดังภาพที่ 5.8

ตารางที่ 5.12 การปรับปรุงแรงดันไฟฟ้าหลังเชื่อมต่อ DG ขนาด 2.5363 MW 1.7556 MVar ที่บัส 6 กับระบบทดสอบ IEEE ขนาด 33 บัส

ตำแหน่ง บัส	แรงดันไฟฟ้า Base case (p.u.)	แรงดันไฟฟ้าหลังติดตั้ง DG (p.u.)	เปอร์เซ็นต์ แรงดันไฟฟ้าที่ขึ้น
18	0.913	0.967	5.91
22	0.992	0.994	0.20
25	0.969	0.983	1.44
33	0.917	0.970	5.78



ภาพที่ 5.9 แรงแดันไฟฟ้า ก่อนและหลังเชื่อมต่อ DG ขนาด 2.5363 MW 1.7556 MVar ที่บัส 6 ของระบบทดสอบ IEEE ขนาด 33 บัส

จากตารางที่ 5.12 และ ภาพที่ 5.9 แสดงผลการปรับปรุงแรงแดันไฟฟ้า พบว่าหลังการติดตั้ง DG จำนวน 1 ตัว ขนาด 2.5363 MW 1.7556 MVar ที่บัส 6 กับระบบทดสอบ IEEE ขนาด 33 บัส ระดับแรงแดันไฟฟ้าของระบบดีขึ้น ที่บัส 18 และ 33 แรงแดันไฟฟ้าที่บัสดีขึ้นจาก 0.913 p.u. เป็น 0.967 p.u. และ 0.917 p.u. เป็น 0.970 p.u. ตามลำดับและอยู่ในขอบเขตของเกณฑ์แรงแดันไฟฟ้าที่กำหนด

ทำการศึกษาเปรียบเทียบผลการทดสอบการปรับปรุงวิธีการหาอาหารของแบคทีเรีย Adaptive bacterial foraging optimization algorithm (ABFOA) กับวิธีการ BFOA เดิม ที่กำหนดให้ระยะทางการเคลื่อนที่ของแบคทีเรียคงที่ตลอดเวลาของการคำนวณเพื่อหาขนาดและตำแหน่งติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก ที่ทำให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียมีค่าน้อยที่สุด แสดงผลตามตาราง 5.13

ตารางที่ 5.13 เปรียบเทียบผลการทดสอบการปรับปรุงระยะทางเคลื่อนที่ของแบคทีเรียด้วยวิธีการ ABFOA กับวิธีการ BFOA เดิม กับระบบทดสอบ IEEE ขนาด 33 บัส

วิธีการ	ค่าเฉลี่ยกำลังไฟฟ้าสูญเสียจากการหาคำตอบ 10 ครั้ง (kW)	กำลังไฟฟ้าสูญเสียน้อยที่สุด (kW)	ค่าเฉลี่ยรอบที่เจอคำตอบ	เวลาในการหาคำตอบ(นาที)
BFOA (ตาราง 4.14)	61.57	61.38	206	8.98
ABFOA (สมการ 5.9)	61.48	61.37	229	8.63

สรุปผลการทดสอบวิธีการ Adaptive bacterial foraging optimization algorithm (ABFOA) ที่ใช้การปรับปรุงระยะทางเคลื่อนที่ของแบคทีเรีย (step size) ให้เปลี่ยนแปลงตามจำนวนรอบของการเคลื่อนที่ในขั้นตอนเคโมแทกซิส และจำนวนรอบของขั้นตอนการ ตามสมการ 5.9 เปรียบเทียบกับวิธีการ BFOA พบว่าจากการทดสอบจำนวน 10 ครั้ง สามารถหาคำตอบที่ทำให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียน้อยที่สุด เท่ากับ 61.37 และค่าเฉลี่ยกำลังไฟฟ้าสูญเสียเท่ากับ 61.48 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าวิธีการ BFOA เดิม ดังตารางที่ 5.13

5.5 การทดสอบหาขนาดและตำแหน่งติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก จำนวน 2 โรง ด้วยวิธีการ ABFOA กับระบบทดสอบ IEEE ขนาด 33 บัส

ทำการทดสอบหาขนาดและตำแหน่งติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็กที่เหมาะสม จำนวน 2 โรง โดยมีเงื่อนไขข้อจำกัดคือปริมาณกำลังไฟฟ้าจริงของโรงไฟฟ้าทั้ง 2 โรง รวมกันต้องไม่เกิน 8 MW ทำการทดสอบกับระบบ IEEE 33 บัส ซึ่งเป็นระบบจำหน่ายไฟฟ้าแบบเรเดียล มีจำนวนบัสทั้งหมด 33 บัส ข้อมูลกำลังไฟฟ้าจริงของโหลดรวม 3.715 MW กำลังไฟฟ้รีแอกทีฟของโหลดรวม 2.30 MVar กำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบในสภาวะปกติ (Base Case) เท่ากับ 202.69 kW และกำหนดให้ Base MVA เท่ากับ 100 Base kV เท่ากับ 12.66 บัสอ้างอิง คือ บัส 1 แรงดันไฟฟ้าที่บัส 1 เท่ากับ 1.0 เพอร์ยูนิต

ใช้วิธีการเลือกกลุ่มคำตอบของตำแหน่งติดตั้งของ DG เบื้องต้น โดยใช้ Factor ของค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียของสายจำหน่าย ซึ่งกลุ่มของบัสคำตอบ 25 เพอร์เซ็นต์จากจำนวนบัสทั้งหมดของระบบ มีจำนวน 8 บัส คือ บัส 2, 3, 5, 6, 4, 1, 27 และ 28 และใช้วิธีการหาอาหารของแบคทีเรียเพื่อหาขนาดและตำแหน่งที่เหมาะสมของโรงไฟฟ้าขนาดเล็กที่ทำให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบมีค่าน้อยที่สุด

กำหนดค่าพารามิเตอร์ดังนี้ คือ กำหนดให้จำนวนประชากรแบคทีเรีย (S) เท่ากับ 40 จำนวนรอบของการเคลื่อนที่ในขั้นตอนเคโมแทกซิส (N_c) เท่ากับ 50 ความยาวในการว่ายน้ำ (N_s) เท่ากับ 8 จำนวนรอบของการสืบพันธุ์ (N_r) เท่ากับ 4 จำนวนรอบของการกำจัดและการแพร่กระจาย (N_{cd})

เท่ากับ 2 ความเป็นไปได้ของการกำจัดและการแพร่กระจาย (P_{dd}) เท่ากับ 0.25 และระยะการเปลี่ยนแปลงค่าปริมาณการจ่ายกำลังไฟฟ้าจริงของ DG คำนวณได้ตามสมการ 5.9 โดยกำหนดระยะทางในการเคลื่อนที่สูงสุดของแบคทีเรีย (C_{max}) ของปริมาณการจ่ายกำลังไฟฟ้าจริงของ DG และค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ของ DG เท่ากับ 0.1 และ 0.01 ตามลำดับ ระยะทางในการเคลื่อนที่ต่ำสุดของแบคทีเรีย (C_{min}) ของปริมาณการจ่ายกำลังไฟฟ้าจริงของ DG และค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ของ DG เท่ากับ 0.01 และ 0.001 ตามลำดับ และค่าคงที่ n เท่ากับ 4 ทำการหาคำตอบจำนวน 10 ครั้ง เพื่อหาคำตอบการหาขนาดและตำแหน่งติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็กที่เหมาะสมโดยวิธีการหาอาหารของแบคทีเรีย (ABFOA) แสดงดังตารางที่ 5.14

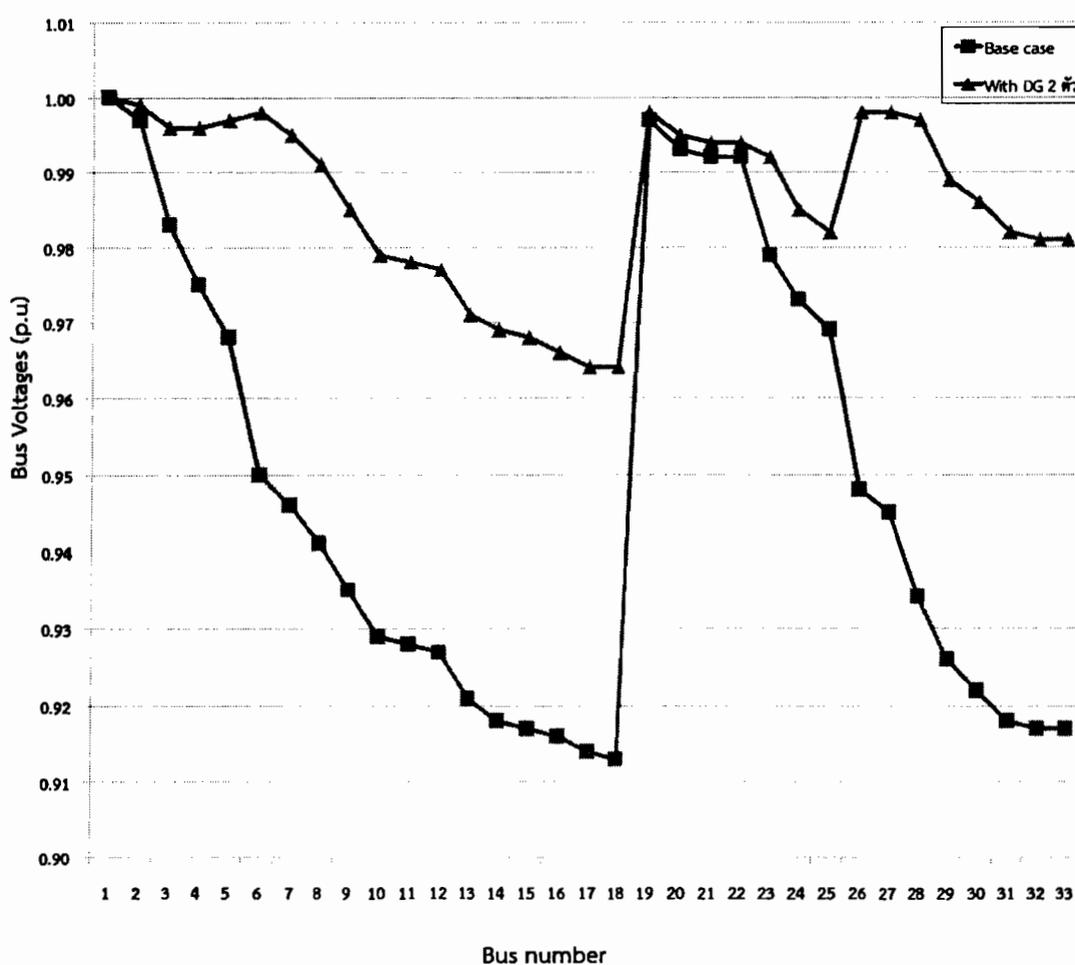
ตารางที่ 5.14 การทดสอบหาขนาดและตำแหน่งติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก จำนวน 2 โรง ด้วยวิธีการ ABFOA กับระบบทดสอบ IEEE ขนาด 33 บัส

ครั้งที่	บัส DG1	ขนาดของ DG1		บัส DG2	ขนาดของ DG2		กำลังไฟฟ้าสูญเสีย (kW)	เวลาในการหาคำตอบ (นาท)	รอบที่เจอคำตอบ
		(MW)	P.F.		(MW)	P.F.			
1	28	0.6739	0.852	6	1.9951	0.810	49.02	27.29	305
2	28	1.5618	0.813	5	1.7563	0.910	54.21	24.99	128
3	3	1.9236	0.870	28	1.5858	0.807	51.41	26.37	278
4	3	2.1801	0.838	28	1.8271	0.857	54.94	26.24	252
5	28	0.9802	0.885	6	1.5509	0.867	48.83	22.78	346
6	6	2.2636	0.915	28	0.7802	0.957	57.33	24.31	189
7	28	0.6932	0.837	6	2.5162	0.855	55.13	26.14	162
8	4	1.5929	0.814	28	1.5116	0.871	53.60	26.46	256
9	28	1.2107	0.871	6	1.9643	0.871	53.19	26.44	211
10	28	0.5844	0.875	6	2.0399	0.899	52.38	26.57	171

สรุปผลการทดสอบวิธีการ Adaptive bacterial foraging optimization algorithm (ABFOA) ที่ใช้การปรับปรุงระยะทางเคลื่อนที่ของแบคทีเรียให้เปลี่ยนแปลงตามจำนวนรอบของการเคลื่อนที่ในขั้นตอนเคโมแทกซิส และจำนวนรอบของขั้นตอนการสืบพันธุ์ ตามสมการ 5.9 เพื่อหาขนาดและตำแหน่งติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็กที่ทำให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียน้อยที่สุด จากการทดสอบจำนวน 10 ครั้ง กำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบเฉลี่ยเท่ากับ 53 kW รอบเฉลี่ยที่เจอคำตอบเท่ากับ 230 จากรอบการคำนวณ 408 รอบ ใช้เวลาคำนวณเฉลี่ย 25.76 นาที และพบว่าเมื่อติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก จำนวน 2 โรง ขนาด 0.9802 MW P.F. 0.885 ที่บัส 28 และ 1.5509 MW P.F. 0.867 ที่บัส 6 กำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบมีค่าน้อยที่สุดเท่ากับ 48.83 kW

ตารางที่ 5.15 การปรับปรุงแรงดันไฟฟ้าหลังเชื่อมต่อ DG 2 ตัว ขนาด 0.9802 MW P.F. 0.885 ที่บัส 28 และ 1.5509 MW P.F. 0.867 ที่บัส 6 กับระบบทดสอบ IEEE ขนาด 33 บัส

ตำแหน่ง บัส	แรงดันไฟฟ้า Base case (p.u.)	แรงดันไฟฟ้าหลังติดตั้ง DG จำนวน 2 ตัว (p.u.)	เปอร์เซ็นต์แรงดันไฟฟ้าดีขึ้น
18	0.913	0.964	5.59
22	0.992	0.994	0.20
25	0.969	0.982	1.34
33	0.917	0.981	6.98



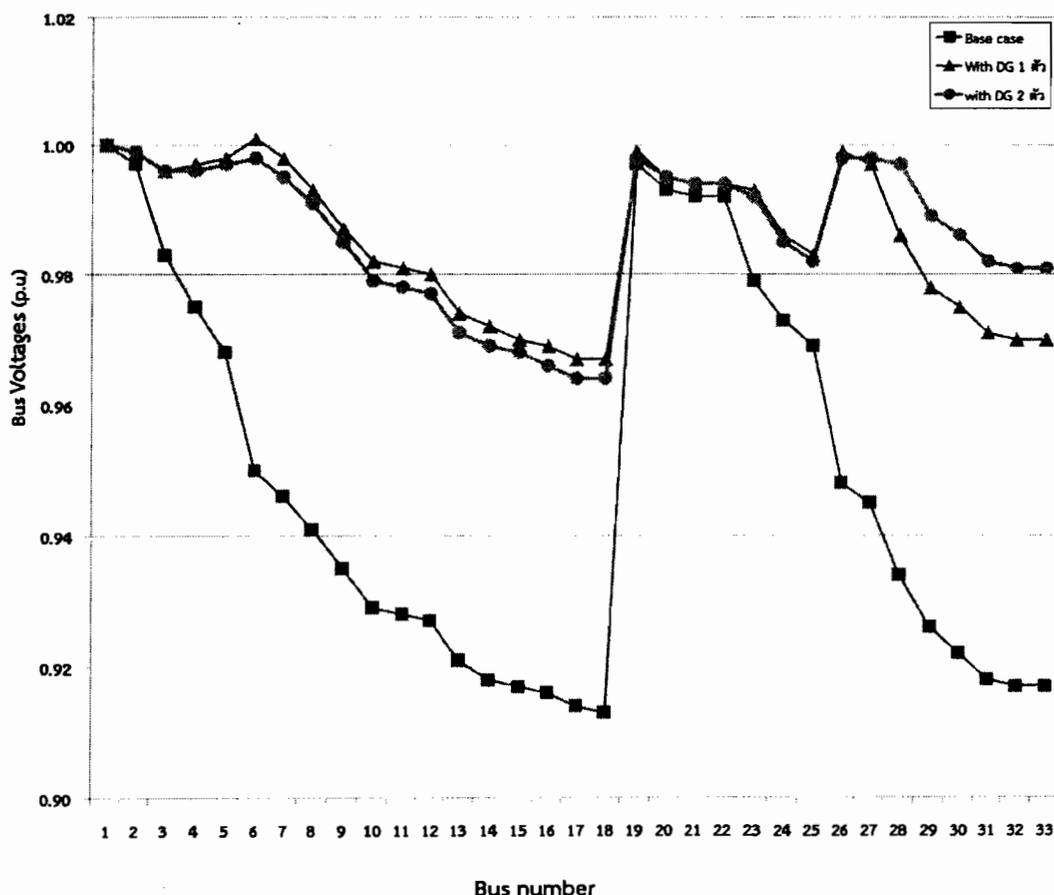
ภาพที่ 5.10 แรงดันไฟฟ้า ก่อนและหลังเชื่อมต่อ DG 2 ตัว ขนาด 0.9802 MW P.F. 0.885 ที่บัส 28 และ 1.5509 MW P.F. 0.867 ที่บัส 6 กับระบบทดสอบ IEEE ขนาด 33 บัส

จากตารางที่ 5.15 และ ภาพที่ 5.10 แสดงผลการปรับปรุงแรงดันไฟฟ้า พบว่าหลังการติดตั้ง DG จำนวน 2 ตัว ขนาด 0.9802 MW P.F. 0.885 ที่บัส 28 และ 1.5509 MW P.F. 0.867 ที่บัส 6 กับระบบทดสอบ IEEE ขนาด 33 บัส ระดับแรงดันไฟฟ้าของระบบดีขึ้น ที่บัส 18 และ 33 แรงดันไฟฟ้าที่บัสดีขึ้นจาก 0.913 p.u. เป็น 0.964 p.u. และ 0.917 p.u. เป็น 0.981 p.u. ตามลำดับและอยู่ในขอบเขตของเกณฑ์แรงดันไฟฟ้าที่กำหนด

ทำการศึกษเปรียบเทียบผลของการเชื่อมต่อโรงไฟฟ้าจำนวน 1 โรง กับ 2 โรง พบว่าเมื่อเชื่อมต่อโรงไฟฟ้าจำนวน 2 โรง กับระบบทดสอบ ขนาด 33 บัส มีแนวโน้มสามารถลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบ ได้ดีกว่าเมื่อเชื่อมต่อโรงไฟฟ้าเพียง 1 โรง แต่ใช้เวลาในการคำนวณหาคำตอบ นานกว่า แสดงผลตามตาราง 5.16 และหลังเชื่อมต่อโรงไฟฟ้าจำนวน 2 โรง แรงดันไฟฟ้าที่บัส 33 ถูกปรับปรุงให้ดีขึ้นกว่าเมื่อเชื่อมต่อโรงไฟฟ้าเพียง 1 โรง ดังรูปที่ 5.11

ตารางที่ 5.16 เปรียบเทียบผลการทดสอบการเชื่อมต่อโรงไฟฟ้าจำนวน 1 และ 2 โรง กับระบบทดสอบ IEEE ขนาด 33 บัส

จำนวนโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก	บัส DG1	ขนาดของ DG ตัวที่1		บัส DG2	ขนาดของ DG ตัวที่2		กำลังไฟฟ้าสูญเสียที่น้อยที่สุด (kW)	เวลาในการหาคำตอบ (นาท)
		(MW)	(MVA _r)		(MW)	(MVA _r)		
1 โรง	6	2.5363	1.7556	-	-	-	61.37	8.63
2 โรง	6	1.5509	0.8917	28	0.9802	0.5162	48.83	22.09



ภาพที่ 5.11 เปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้า หลังเชื่อมต่อโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก จำนวน 1 และ 2 โรง กับระบบทดสอบ IEEE ขนาด 33 บัส

5.6 การทดสอบใช้วิธีการ ABFOA หาขนาดและตำแหน่งติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก จำนวน 1 โรง กับระบบจำหน่ายการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ขนาด 331 บัส

การทดสอบหาขนาดและตำแหน่งของโรงไฟฟ้าขนาดเล็กจำนวน 1 โรง ทำการทดสอบกับระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค สถานีเกษตรวิสัย พัดเดอร์ 1 (KSW01) ที่เป็นระบบทดสอบ ขนาด 331 บัส ความยาวระบบจำหน่ายไลน์เมนจากสถานีไฟฟ้าถึงปลายสาย มีระยะทาง 32.136 กิโลเมตร จ่ายไฟให้ อ.สุวรรณภูมิ โหลดส่วนใหญ่อยู่ปลายสาย โหลดรวมของระบบจำหน่ายเท่ากับ 5.81 MW 2.73 MVAr ข้อมูลของภาพแสดงไว้ในภาคผนวก ค ปัจจุบันมีโรงไฟฟ้าบริษัท ศรีแสงดาว ไบโอเพาเวอร์ จำกัด ผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบซิงโครนัส เชื่อมต่ออยู่ที่บัส 182 อยู่ในไลน์ย่อยที่เชื่อมต่อจากบัส 43 ปริมาณการจ่ายกำลังไฟฟ้าจริง 8 MW และรับกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟจากแหล่งจ่าย กฟภ. 1.5 MVAr ซึ่งในการทดสอบจะสมมุติว่าระบบไม่มีโรงไฟฟ้าเชื่อมต่ออยู่ กำหนดให้ Base MVA เท่ากับ 100 และ Base kV เท่ากับ 22 บัสอ้างอิง คือ บัส 1 แรงดันไฟฟ้าที่บัส 1 เท่ากับ 1.05 เอร์ยูนิต

ใช้วิธีการเลือกกลุ่มคำตอบของตำแหน่งติดตั้งของ DG เบื้องต้น โดยใช้ Factor ของค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียของสายจำหน่าย กลุ่มของบัสคำตอบ 25 เปอร์เซนต์จากจำนวนบัสทั้งหมดของระบบ มีจำนวน 82 บัส คือ บัส 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 60, 61, 62, 63, 65, 66, 68, 69, 70, 71, 78, 79, 96, 97, 101, 157, 158, 196, 198, 199, 201, 203, 205, 259 และ 276 และปรับปรุงระยะทางเคลื่อนที่ของแบคทีเรีย ให้เปลี่ยนแปลงตามจำนวนรอบของการเคลื่อนที่ในขั้นตอนเคโมแทกซิส และจำนวนรอบของขั้นตอนการสืบพันธุ์ ตามสมการ 5.9 ร่วมกับการใช้วิธีการหาอาหารของแบคทีเรียเพื่อหาขนาดและตำแหน่งที่เหมาะสมของโรงไฟฟ้าขนาดเล็กที่ทำให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบมีค่าน้อยที่สุด

ทำการทดสอบโดยกำหนดค่าพารามิเตอร์ดังนี้ คือ กำหนดให้จำนวนประชากรแบคทีเรีย เท่ากับ 40 จำนวนรอบของการเคลื่อนที่ในขั้นตอนเคโมแทกซิส (N_c) เท่ากับ 50 ความยาวในการว่ายน้ำ (N_s) เท่ากับ 8 จำนวนรอบของการสืบพันธุ์ (N_{re}) เท่ากับ 4 จำนวนรอบของการกำจัดและการแพร่กระจาย (N_{dd}) เท่ากับ 2 ความเป็นไปได้ของการกำจัดและการแพร่กระจาย (P_{dd}) เท่ากับ 0.25 ระยะทางการเคลื่อนที่ของแบคทีเรีย ดังสมการ 5.9 กำหนดให้ระยะทางในการเคลื่อนที่สูงสุดของแบคทีเรีย (C_{max}) ของปริมาณการจ่ายกำลังไฟฟ้าจริงของ DG และค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ของ DG เท่ากับ 0.1 และ 0.01 ตามลำดับ ระยะทางในการเคลื่อนที่ต่ำสุดของแบคทีเรีย (C_{min}) ของปริมาณการจ่ายกำลังไฟฟ้าจริงของ DG และค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ของ DG เท่ากับ 0.01 และ 0.001 ตามลำดับ และค่าคงที่ n เท่ากับ 4 ทำการหาคำตอบจำนวน 10 ครั้ง แสดงดังตารางที่ 5.17

ตารางที่ 5.17 การทดสอบใช้วิธีการ ABFOA หาขนาดและตำแหน่งติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็กจำนวน 1 โรง ที่ทำให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบจำหน่ายไฟฟ้ามีค่าน้อยที่สุดกับระบบจำหน่ายการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ขนาด 331 บัส

ครั้งที่	ตำแหน่งบัส	ขนาดของ DG			กำลังไฟฟ้าสูญเสีย (kW)	เวลาในการหาคำตอบ (นาท)	รอบที่เจอคำตอบ
		(MW)	(MVA _r)	P.F.			
1	45	4.6987	1.0767	0.975	21.99	43.34	64
2	55	3.7205	1.0774	0.961	42.61	44.56	280
3	60	4.0693	0.9190	0.975	30.26	45.03	31
4	39	3.9618	1.2943	0.951	55.90	44.33	95
5	50	3.6240	0.7574	0.979	48.54	45.94	277
6	66	4.8800	0.9223	0.983	17.68	46.16	55
7	196	3.7482	1.3276	0.943	44.67	45.72	100
8	198	3.7881	0.6786	0.984	40.40	46.36	89

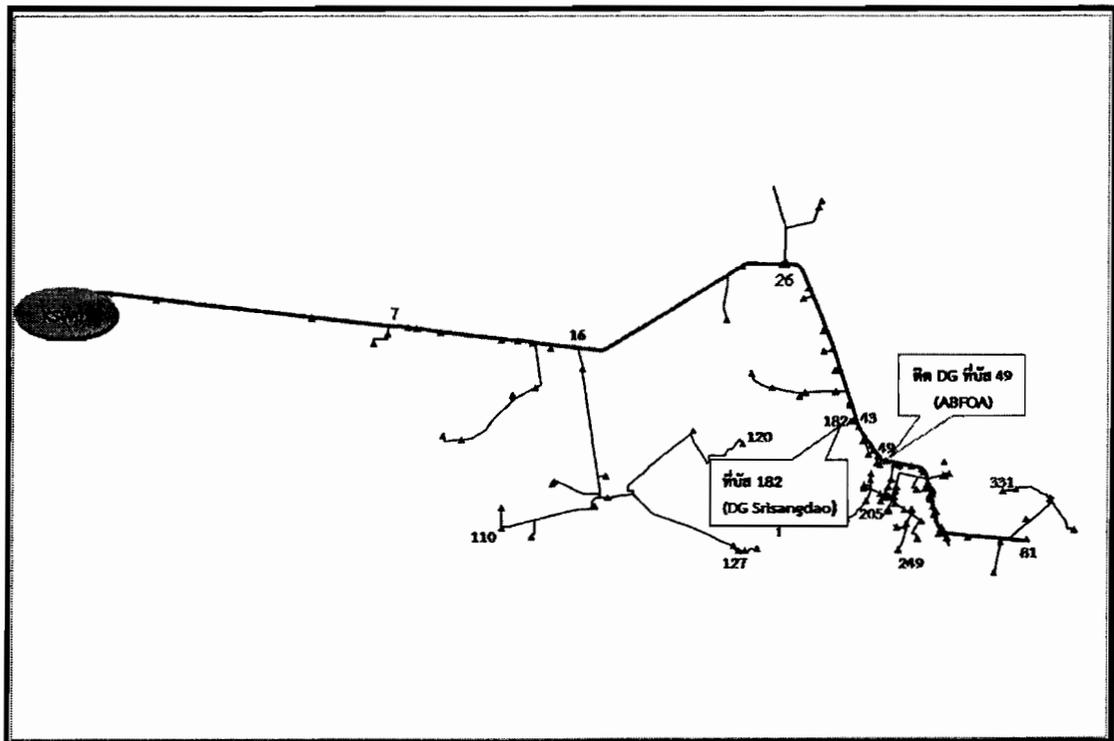
ตารางที่ 5.17 การทดสอบใช้วิธีการ ABFOA หาขนาดและตำแหน่งติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก จำนวน 1 โรง ที่ทำให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบจำหน่ายไฟฟ้ามีค่าน้อยที่สุดกับระบบจำหน่ายการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ขนาด 331 บัส (ต่อ)

ครั้งที่	ตำแหน่งบัส	ขนาดของ DG			กำลังไฟฟ้าสูญเสีย (kW)	เวลาในการหาค่าตอบ (นาที)	รอบที่เจอค่าตอบ
9	66	4.7054	0.8240	0.985	19.04	45.46	69
10	49	5.0421	0.6184	0.993	13.33	46.72	380

สรุปผลการทดสอบการใช้วิธีการ ABFOA หาขนาดและตำแหน่งติดตั้งโรงไฟฟ้าที่เหมาะสม จำนวน 1 โรง ที่ทำให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบมีค่าน้อยที่สุด จากการทดสอบจำนวน 10 ครั้ง พบว่าค่าเฉลี่ยกำลังไฟฟ้าสูญเสียเท่ากับ 33.44 kW รอบเฉลี่ยที่เจอค่าตอบเท่ากับ 144 จากรอบการคำนวณ 408 รอบ ใช้เวลาคำนวณเฉลี่ย 45.36 นาที และพบว่าเมื่อติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก จำนวน 1 โรง ขนาด 5.0421 MW 0.6184 MVar ที่บัส 49 มีผลให้ค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบมีค่าน้อยที่สุดเท่ากับ 13.33 kW

ตารางที่ 5.18 ผลการทดสอบใช้วิธีการ ABFOA หาขนาดและตำแหน่งของโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก จำนวน 1 โรง กับระบบจำหน่ายการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคขนาด 331 บัส

วิธีการ	ตำแหน่งบัสของ DG	ขนาดของ DG		กำลังไฟฟ้าสูญเสีย (kW)
		(MW)	(MVar)	
Basecase (Without DG)	-	-	-	431.68
Basecase (With DG Srisangdao)	182	8	-1.5	154.34
ABFOA (With DG 1 ตัว)	49	5.0421	0.6184	13.33

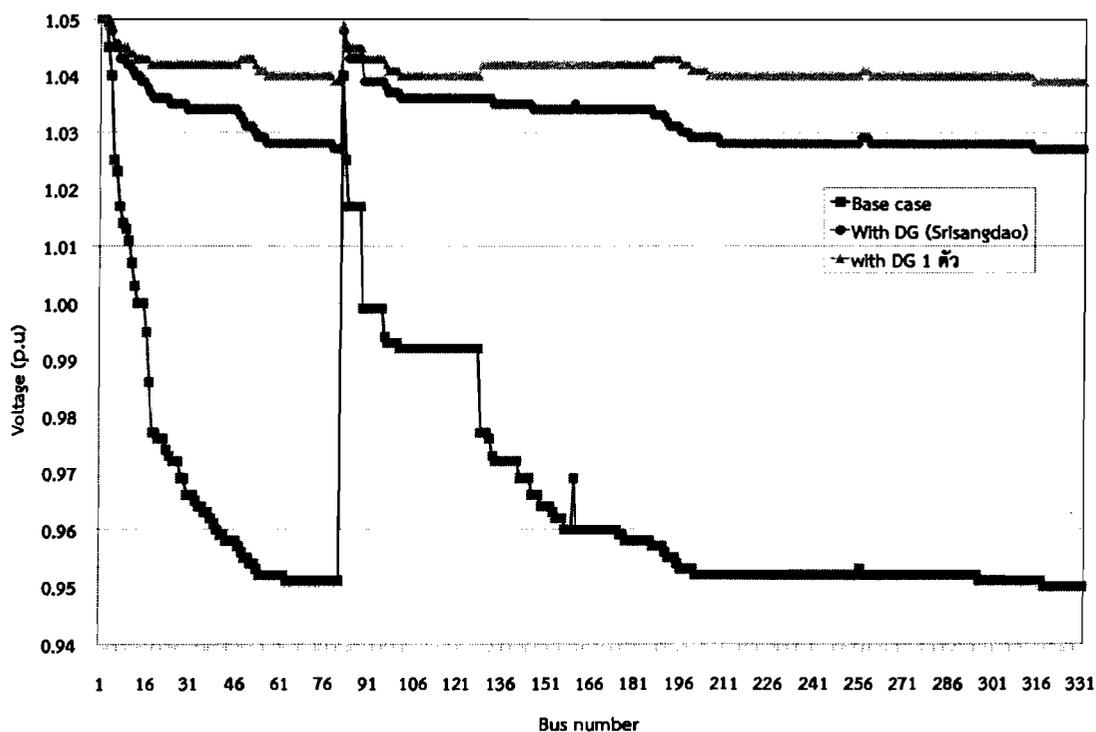


ภาพที่ 5.12 ตำแหน่งติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็กที่เหมาะสม จำนวน 1 โรง ที่เชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ขนาด 331 บัส

สรุปผลการหาขนาดและตำแหน่งของโรงไฟฟ้าขนาดเล็กกับระบบจำหน่ายการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ขนาด 331 บัส ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อทำให้ค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบมีค่าน้อยที่สุด ใช้วิธีการหาอาหารของแบคทีเรียที่พัฒนาขึ้นช่วยในการหาคำตอบ และพบว่าเมื่อติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก จำนวน 1 โรง ขนาด 5.0421 MW 0.6184 MVar ที่บัส 49 กำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบมีค่าเท่ากับ 13.33 kW สามารถลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียลงได้ 96.91% จากข้อมูลพบว่าที่บัส 49 อยู่ใกล้กับกลุ่มโหลดขนาดใหญ่ของระบบ ซึ่งการติดตั้ง DG ที่มีขนาดใกล้เคียงกับโหลด และติดตั้งอยู่ในบริเวณใกล้เคียงกับกลุ่มโหลดขนาดใหญ่ จะสามารถลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียได้มาก เมื่อเปรียบเทียบกับสภาพการจ่ายไฟปัจจุบันที่มีโรงไฟฟ้าบริษัท ศรีแสงดาว ไบโอเพาเวอร์ จำกัด เชื่อมต่ออยู่ที่บัส 182 พบว่าขนาดและตำแหน่งของโรงไฟฟ้าขนาดเล็กที่ได้จากการหาคำตอบด้วยวิธีการ ABFOA สามารถช่วยให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบลดลงได้มากกว่าเดิม ตามตารางที่ 5.17 และภาพที่ 5.12

ตารางที่ 5.19 การปรับปรุงแรงดันไฟฟ้าหลังเชื่อมต่อโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก จำนวน 1 โรง ระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ขนาด 331 บัส

ตำแหน่ง บัส	แรงดันไฟฟ้า Base case (p.u.)	แรงดันไฟฟ้าหลังติดตั้ง DG (p.u.)	เปอร์เซ็นต์แรงดันไฟฟ้าดีขึ้น
49	0.955	1.043	9.21
81	0.951	1.039	9.25
331	0.950	1.039	9.37



ภาพที่ 5.13 แรงดันไฟฟ้า หลังเชื่อมต่อโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก จำนวน 1 โรง กับระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ขนาด 331 บัส

จากตารางที่ 5.19 และ ภาพที่ 5.13 แสดงผลการปรับปรุงแรงดันไฟฟ้า พบว่าหลังการติดตั้ง DG จำนวน 1 ตัว ระดับแรงดันไฟฟ้าของระบบดีขึ้น ที่บัส 331 แรงดันไฟฟ้าที่บัสดีขึ้นจาก 0.950 p.u. เป็น 1.039 p.u. และตำแหน่งติดตั้ง DG ที่บัส 49 แรงดันไฟฟ้าที่บัสดีขึ้นจาก 0.955 p.u. เป็น 1.043 p.u. ซึ่งอยู่ในขอบเขตของเกณฑ์แรงดันไฟฟ้าที่กำหนด จึงสรุปได้ว่าขนาดและตำแหน่งของโรงไฟฟ้าขนาดเล็กที่เหมาะสมทำให้ค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบลดลง และช่วยปรับปรุงแรงดันไฟฟ้าในระบบให้ดีขึ้น

5.7 การทดสอบใช้วิธีการ ABFOA หาขนาดและตำแหน่งติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก จำนวน 2 โรง กับระบบจำหน่ายการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ขนาด 331 บัส

การทดสอบหาขนาดและตำแหน่งของโรงไฟฟ้าขนาดเล็กจำนวน 2 โรง โดยมีเงื่อนไขข้อจำกัดคือ ปริมาณกำลังไฟฟ้าจริงของโรงไฟฟ้าทั้ง 2 โรง รวมกันต้องไม่เกิน 8 MW ทำการทดสอบกับระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค สถานีเกษตรวิสัย พิดเดอร์ 1 (KSW01) ที่เป็นระบบทดสอบ ขนาด 331 บัส ความยาวระบบจำหน่ายไลน์เมนจากสถานีไฟฟ้าถึงปลายสาย มีระยะทาง 32.136 กิโลเมตร จ่ายไฟให้ อ.สุวรรณภูมิ โหลดส่วนใหญ่อยู่ปลายสาย โหลดรวมของระบบจำหน่ายเท่ากับ 5.81 MW 2.73 MVA ข้อมูลของภาพแสดงไว้ในภาคผนวก ค ปัจจุบันมีโรงไฟฟ้าบริษัท ศรีแสงดาว ไบโอเพาเวอร์ จำกัด ผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบซิงโครนัส เชื่อมต่ออยู่ที่บัส 182 อยู่ในไลน์ย่อยที่เชื่อมต่อจากบัส 43 ปริมาณการจ่ายกำลังไฟฟ้าจริง 8 MW และรับกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟจากแหล่งจ่าย กฟภ. 1.5 MVA ซึ่งในการทดสอบจะสมมุติว่าระบบไม่มีโรงไฟฟ้าเชื่อมต่ออยู่ กำหนดให้ Base MVA เท่ากับ 100 และ Base kV เท่ากับ 22 บัสอ้างอิง คือ บัส 1 แรงดันไฟฟ้าที่บัส 1 เท่ากับ 1.05 เอร์ยูนิต

ใช้วิธีการเลือกกลุ่มคำตอบของตำแหน่งติดตั้งของ DG เบื้องต้น โดยใช้ Factor ของค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียของสายจำหน่าย กลุ่มของบัสคำตอบ 25 เอร์เซ็นต์จากจำนวนบัสทั้งหมดของระบบ มีจำนวน 82 บัส คือ บัส 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 60, 61, 62, 63, 65, 66, 68, 69, 70, 71, 78, 79, 96, 97, 101, 157, 158, 196, 198, 199, 201, 203, 205, 259 และ 276 และปรับปรุงระยะทางเคลื่อนที่ของแบคทีเรีย ให้เปลี่ยนแปลงตามจำนวนรอบของการเคลื่อนที่ในขั้นตอนเคโมแทกซิส และจำนวนรอบของขั้นตอนการสืบพันธุ์ ตามสมการ 5.9 ร่วมกับการใช้วิธีการหาอาหารของแบคทีเรียเพื่อหาขนาดและตำแหน่งที่เหมาะสมของโรงไฟฟ้าขนาดเล็กที่ทำให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบมีค่าน้อยที่สุด

ทำการทดสอบโดยกำหนดค่าพารามิเตอร์ดังนี้ คือ กำหนดให้จำนวนประชากรแบคทีเรีย เท่ากับ 40 จำนวนรอบของการเคลื่อนที่ในขั้นตอนเคโมแทกซิส (N_c) เท่ากับ 50 ความยาวในการว่ายน้ำ (N_s) เท่ากับ 8 จำนวนรอบของการสืบพันธุ์ (N_{re}) เท่ากับ 4 จำนวนรอบของการกำจัดและการแพร่กระจาย (N_{ed}) เท่ากับ 2 ความเป็นไปได้ของการกำจัดและการแพร่กระจาย (P_{ed}) เท่ากับ 0.25 ระยะทางการเคลื่อนที่ของแบคทีเรีย ดังสมการ 5.9 กำหนดให้ระยะทางในการเคลื่อนที่สูงสุดของแบคทีเรีย (C_{max}) ของปริมาณการจ่ายกำลังไฟฟ้าจริงของ DG และค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ของ DG เท่ากับ 0.1 และ 0.01 ตามลำดับ ระยะทางในการเคลื่อนที่ต่ำสุดของแบคทีเรีย (C_{min}) ของปริมาณการจ่ายกำลังไฟฟ้าจริงของ DG และค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ของ DG เท่ากับ 0.01 และ 0.001 ตามลำดับ และค่าคงที่ n เท่ากับ 4 ทำการหาคำตอบจำนวน 10 ครั้ง แสดงดังตารางที่ 5.20

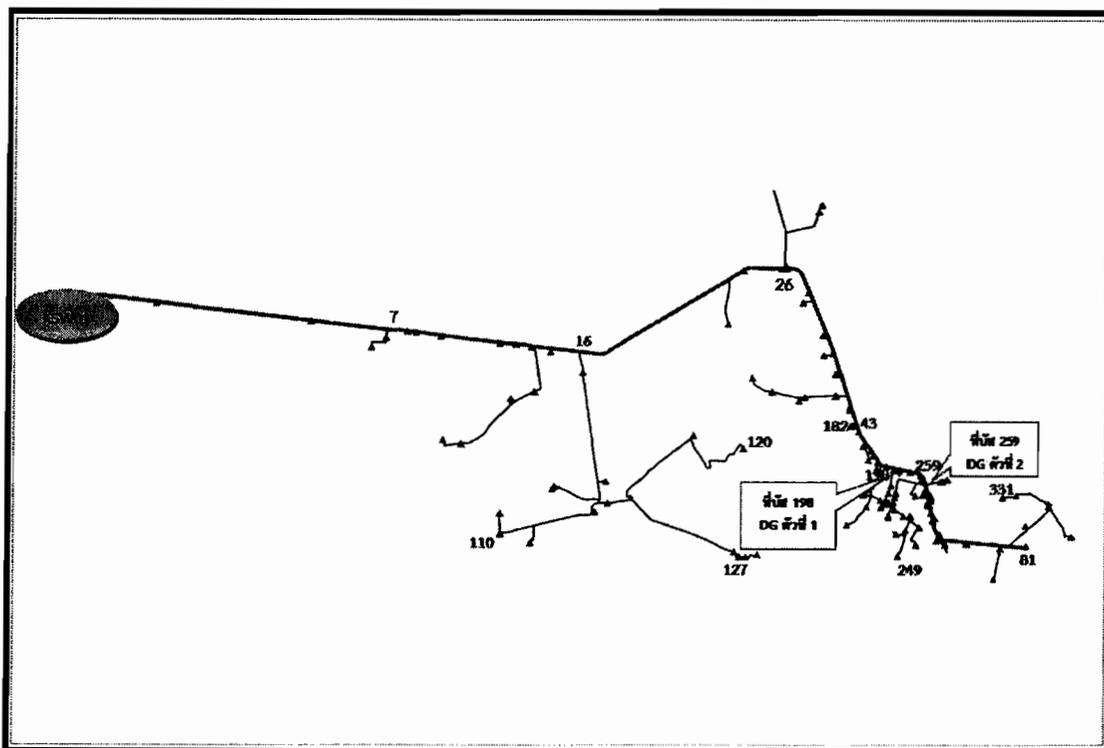
ตารางที่ 5.20 การทดสอบใช้วิธีการ ABFOA หาขนาดและตำแหน่งของโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก จำนวน 2 โรง กับระบบจำหน่ายการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคขนาด 331 บัส

ครั้งที่	บัส DG1	ขนาดของ DG1		บัส DG2	ขนาดของ DG2		กำลังไฟฟ้าสูญเสีย (kW)	เวลาในการหาคำตอบ (นาทีก)	รอบที่เจอคำตอบ
		(MW)	P.F.		(MW)	P.F.			
1	49	2.7265	0.956	54	1.3467	0.960	31.01	107.23	240
2	57	2.1155	0.990	199	2.1001	0.973	24.24	108.24	317
3	198	2.5402	0.999	259	2.4378	0.958	10.59	106.95	218
4	259	2.8959	0.988	19	1.7714	0.961	24.36	107.31	273
5	30	1.0431	0.912	196	3.3426	0.988	22.84	110.90	131
6	60	1.4817	0.965	71	2.4693	0.957	35.90	107.48	209
7	46	2.1034	0.987	60	1.9998	0.979	26.72	103.21	223
8	52	0.4454	0.833	44	3.3419	0.966	46.73	102.57	110
9	70	3.4453	0.974	205	1.0356	0.958	20.08	107.71	55
10	53	2.4967	0.998	37	1.8908	0.981	23.92	107.24	264

สรุปผลการทดสอบการใช้วิธีการ ABFOA หาขนาดและตำแหน่งติดตั้งโรงไฟฟ้าที่เหมาะสม จำนวน 1 โรง ที่ทำให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบมีค่าน้อยที่สุด จากการทดสอบจำนวน 10 ครั้ง พบว่าค่าเฉลี่ยกำลังไฟฟ้าสูญเสียเท่ากับ 26.64 kW รอบเฉลี่ยที่เจอคำตอบเท่ากับ 204 จากรอบการคำนวณ 408 รอบ ใช้เวลาคำนวณเฉลี่ย 106.88 นาที และพบว่าเมื่อติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก จำนวน 2 โรง ขนาด 2.5402 MW P.F. 0.999 ที่บัส 198 และ 2.4378 MW P.F. 0.958 ที่บัส 259 มีผลให้ค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบมีค่าน้อยที่สุด เท่ากับ 10.59 kW

ตารางที่ 5.21 เปรียบเทียบผลการทดสอบการเชื่อมต่อโรงไฟฟ้าจำนวน 1 และ 2 โรง กับระบบจำหน่ายการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคขนาด 331 บัส

จำนวนโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก	บัส DG1	ขนาดของ DG ตัวที่ 1		บัส DG2	ขนาดของ DG ตัวที่ 2		กำลังไฟฟ้าสูญเสียที่น้อยที่สุด (kW)	เวลาในการหาคำตอบ (นาทีก)
		(MW)	(MVA _r)		(MW)	(MVA _r)		
1 โรง	49	5.0421	0.6184	-	-	-	13.33	46.72
2 โรง	198	2.5402	0.1301	259	2.4378	0.7320	10.59	106.95

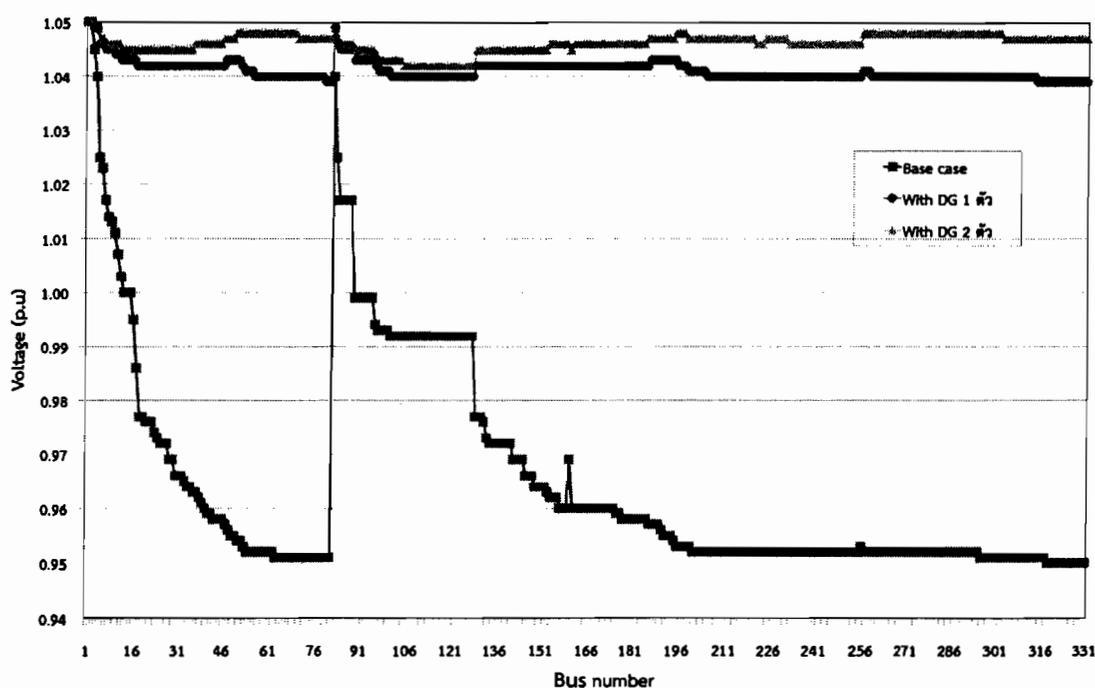


ภาพที่ 5.14 ตำแหน่งติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็กที่เหมาะสม จำนวน 2 โรง ที่เชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ขนาด 331 บัส

สรุปผลการหาขนาดและตำแหน่งของโรงไฟฟ้าขนาดเล็กกับระบบจำหน่ายการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ขนาด 331 บัส ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบมีค่าน้อยที่สุด ใช้วิธีการหาอาหารของแบคทีเรียที่พัฒนาขึ้นช่วยในการหาคำตอบ และพบว่าเมื่อติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก จำนวน 2 โรง ขนาด 2.5402 MW P.F. 0.999 ที่บัส 198 และ 2.4378 MW P.F. 0.958 ที่บัส 259 มีผลให้ค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบมีค่าน้อยที่สุด เท่ากับ 10.59 kW สามารถลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียลงได้ 97.54% จากข้อมูลพบว่าที่บัส 198 และ 259 อยู่ใกล้กับกลุ่มโหลดขนาดใหญ่ของระบบ ซึ่งการติดตั้ง DG ที่มีขนาด ใกล้เคียงกับโหลด และติดตั้งอยู่ในบริเวณใกล้เคียงกับกลุ่มโหลดขนาดใหญ่ จะสามารถลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียได้มาก เมื่อเปรียบเทียบกับสภาพการจ่ายไฟปัจจุบันที่มีโรงไฟฟ้าบริษัท ศรีแสงดาว ไบโอเพาเวอร์ จำกัด เชื่อมต่ออยู่ที่บัส 182 พบว่าขนาดและตำแหน่งของโรงไฟฟ้าขนาดเล็กที่ได้จากการหาคำตอบด้วยวิธีการ ABFOA สามารถช่วยให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบลดลงได้มากกว่าเดิม ตามตารางที่ 5.21 และภาพที่ 5.14

ตารางที่ 5.22 การปรับปรุงแรงดันไฟฟ้าหลังเชื่อมต่อโรงไฟฟ้าขนาดเล็กจำนวน 2 โรง กับระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ขนาด 331 บัส

ตำแหน่ง บัส	แรงดันไฟฟ้า Base case (p.u.)	แรงดันไฟฟ้าหลังติดตั้ง DG (p.u.)	เปอร์เซ็นต์แรงดันไฟฟ้าดีขึ้น
81	0.951	1.047	10.09
198	0.953	1.048	9.97
259	0.952	1.048	10.08
331	0.950	1.047	10.21



ภาพที่ 5.15 แรงดันไฟฟ้า หลังเชื่อมต่อโรงไฟฟ้าขนาดเล็กจำนวน 2 โรง กับระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ขนาด 331 บัส

จากตารางที่ 5.22 และ ภาพที่ 5.15 แสดงผลการปรับปรุงแรงดันไฟฟ้า พบว่าหลังการติดตั้ง DG จำนวน 2 ตัว ระดับแรงดันไฟฟ้าของระบบดีขึ้น คือที่บัส 331 แรงดันไฟฟ้าที่บัสดีขึ้นจาก 0.950 p.u. เป็น 1.047 p.u. ตำแหน่งติดตั้ง DG ตัวที่ 1 ที่บัส 198 แรงดันไฟฟ้าที่บัสดีขึ้นจาก 0.953 p.u. เป็น 1.048 p.u. และตำแหน่งติดตั้ง DG ตัวที่ 2 ที่บัส 259 แรงดันไฟฟ้าที่บัสดีขึ้นจาก 0.952 p.u. เป็น 1.048 p.u. ซึ่งอยู่ในขอบเขตของเกณฑ์แรงดันไฟฟ้าที่กำหนด จึงสรุปได้ว่าขนาดและตำแหน่งของโรงไฟฟ้าขนาดเล็กที่เหมาะสมทำให้ค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบลดลง และช่วยปรับปรุงแรงดันไฟฟ้าในระบบให้ดีขึ้น

บทที่ 6 สรุปและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุป

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอการแก้ปัญหาการหาขนาดและตำแหน่งที่เหมาะสมของโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อลดกำลังไฟฟ้าสูญเสีย ด้วยการประยุกต์ใช้วิธีการหาอาหารของแบคทีเรีย (BFOA) โดยทำการทดสอบวิธีการที่นำเสนอกับระบบทดสอบ IEEE ขนาด 33 บัส และระบบจำหน่ายไฟฟ้าของไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ขนาด 331 บัส

วิธีการค้นหาคำตอบที่ใช้วิธีการหาอาหารของแบคทีเรียเพื่อแก้ปัญหาการหาขนาดและตำแหน่งที่เหมาะสมของโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก มีพารามิเตอร์ที่ต้องการค้นหาคำตอบ 3 ค่า คือ ตำแหน่งบัส ปริมาณการจ่ายกำลังไฟฟ้าจริง ปริมาณการจ่ายกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟของโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก และมีพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องที่ใช้ในกระบวนการค้นหาคำตอบหลายค่า ดังนั้นจึงต้องทดสอบหาค่าพารามิเตอร์ของวิธีการหาอาหารของแบคทีเรียที่เหมาะสมที่ทำให้ได้คำตอบที่ดีที่สุด ซึ่งมี ค่าพารามิเตอร์ที่ต้องทดสอบจำนวน 5 ค่า ซึ่งค่าพารามิเตอร์เหล่านี้มีความสัมพันธ์และไม่เป็นอิสระต่อกัน การปรับค่าพารามิเตอร์ตัวใดตัวหนึ่งอาจส่งผลต่อพารามิเตอร์ตัวอื่นๆ วิธีการปรับค่าพารามิเตอร์ทั้ง 5 ค่า พร้อมกันให้ครบทุกค่าที่เป็นไปได้อาจจะใช้ระยะเวลาานาน จึงต้องทำการทดสอบเพื่อปรับค่าพารามิเตอร์ที่ละค่า ดังนั้นจึงใช้ค่าพารามิเตอร์จากการกำหนดให้ค่าพารามิเตอร์เป็นค่าตั้งต้นคงที่ 4 ค่า และให้ค่าที่ต้องการค้นหาปรับเพิ่มขึ้น ทำการศึกษาเกี่ยวกับระบบทดสอบ IEEE ขนาด 33 บัส เพื่อหาขนาดและตำแหน่งที่เหมาะสมของโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก ที่ทำให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบมีค่าน้อยที่สุด พบว่าขนาดของจำนวนประชากรแบคทีเรีย (S) เท่ากับ 40 จำนวนรอบของการเคลื่อนที่ในขั้นตอนเคโมแทกซิส (N_c) เท่ากับ 50 จำนวนความยาวในการว่ายน้ำ (N_s) เท่ากับ 8 จำนวนรอบของการสืบพันธุ์ (N_{re}) เท่ากับ 4 จำนวนรอบของการกำจัดและการแพร่กระจาย (N_{dd}) เท่ากับ 2 ในวิทยานิพนธ์นี้จะใช้ค่าความเป็นไปได้ของการกำจัดและการแพร่กระจาย (P_{dd}) เท่ากับ 0.25 และจากผลการทดสอบพบว่าวิธีการหาอาหารของแบคทีเรียสามารถหาขนาดและตำแหน่งที่เหมาะสมของโรงไฟฟ้าขนาดเล็กหาคำตอบได้ใกล้เคียงกับคำตอบที่ได้จากวิธีการแก้ปัญหาแบบอื่นที่ได้ศึกษามาในอดีต

การใช้ค่า Factor คัดเลือกกลุ่มคำตอบของตำแหน่งติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็กเบื้องต้น โดยการคัดเลือกกลุ่มของบัสที่เหมาะสมที่จะเชื่อมต่อ DG หาขนาดและตำแหน่งที่เหมาะสมของโรงไฟฟ้าขนาดเล็กด้วยวิธีการ BFOA ซึ่งวิธีการนี้จะช่วยลดขอบเขตของกลุ่มบัสคำตอบที่ต้องค้นหาทดสอบวิธีการคัดเลือกกลุ่มคำตอบของตำแหน่งติดตั้ง DG ด้วยวิธีการหาค่า Factor แบบต่างๆ พบว่าการใช้วิธีการคัดเลือกกลุ่มคำตอบเบื้องต้นด้วยการใช้ปัจจัยของค่าความไวต่อกำลังไฟฟ้าสูญเสีย (LSF) ปัจจัยของค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียของสายจำหน่าย ปัจจัยของค่าความแตกต่างของขนาดแรงดันไฟฟ้าที่บัสต้นทางและบัสปลายทาง ปัจจัยของค่าความแตกต่างของมุมแรงดันไฟฟ้าที่บัสต้นทางและบัสปลายทาง และปัจจัยของค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงของกำลังไฟฟ้าเทียบกับมุมของแรงดันไฟฟ้าสามารถพิจารณานำมาใช้ในงานวิจัยฉบับนี้ได้ เนื่องจากบัส 6 ที่เป็นคำตอบของตำแหน่งติดตั้ง DG

ของปัญหาการหาขนาดและตำแหน่งที่เหมาะสมของโรงไฟฟ้าขนาดเล็กที่ทำให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบมีค่าน้อยที่สุด อยู่ในกลุ่มของคำตอบที่คงไว้ ส่วนการใช้ปัจจัยของแรงดันไฟฟ้าที่บัสมีค่าต่ำ (Voltage drop) ไม่เหมาะสำหรับนำมาพิจารณาคัดเลือกกลุ่มคำตอบของตำแหน่งบัสที่เหมาะสมในการติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก เนื่องจากบัส 6 ที่เป็นคำตอบของตำแหน่งติดตั้ง DG ไม่ได้อยู่ในกลุ่มของคำตอบที่คงไว้ ดังนั้นในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงเลือกใช้ปัจจัยของกำลังไฟฟ้าสูญเสียของสายจำหน่าย เนื่องจากเป็นค่าที่ได้จากการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าซึ่งเป็นขั้นตอนหนึ่งในกระบวนการหาคำตอบ และเพื่อเป็นการป้องกันการละทิ้งคำตอบที่ดี จะคัดเลือกกลุ่มบัสของบัสคำตอบไว้ที่ 25 เปอร์เซนต์ จากจำนวนบัสทั้งหมดของระบบทดสอบ เนื่องจากการใช้ค่า Factor หาคำตอบของตำแหน่งติดตั้ง DG ที่เหมาะสมอาจจะไม่ใช่วิธีการที่ดีที่สุด จึงต้องใช้อัลกอริทึมช่วยในการหาคำตอบอีกครั้ง ทำการทดสอบกับระบบ IEEE ขนาด 33 บัส พบว่าเมื่อใช้ใช้ค่า Factor คัดเลือกกลุ่มคำตอบของตำแหน่งติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็กเบื้องต้น ร่วมกับวิธีการ BFOA ช่วยให้การค้นหาคำตอบสามารถเข้าใกล้คำตอบที่ดีที่สุด คือ กำลังไฟฟ้าสูญเสียที่น้อยที่สุด และสามารถเข้าสู่คำตอบที่ดีได้เร็วขึ้น

วิธีการหาอาหารของแบคทีเรีย (BFOA) แบบเดิม จะกำหนดระยะทางการเคลื่อนที่ของแบคทีเรียให้มีค่าคงที่เสมอ เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของวิธีการ BFOA จึงกำหนดให้ระยะทางการเคลื่อนที่ของแบคทีเรียสามารถเปลี่ยนแปลงไปตามเวลาที่แบคทีเรียเคลื่อนที่ ซึ่งสามารถทำได้หลายวิธี คือ เปลี่ยนแปลงตามจำนวนรอบของการเคลื่อนที่ในขั้นตอนเคโมแทกซิส จำนวนรอบของขั้นตอนการสืบพันธุ์ จำนวนรอบการกำจัดและการแพร่กระจาย และเปลี่ยนแปลงตามค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ คือ ค่าความเข้มข้นของสารอาหาร หรือ ค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบ พบว่าระยะทางการเคลื่อนที่ของแบคทีเรียที่เปลี่ยนแปลงตามจำนวนรอบของการเคลื่อนที่ในขั้นตอนเคโมแทกซิส และจำนวนรอบของขั้นตอนการสืบพันธุ์ ช่วยให้การค้นหาคำตอบสามารถเข้าใกล้คำตอบที่ดีที่สุด โดยในรอบการคำนวณต้นๆ แบคทีเรียจะเคลื่อนที่ด้วยระยะทางที่มาก หมายถึง การเปลี่ยนแปลงปริมาณการจ่ายกำลังไฟฟ้าจริง และค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ของ DG จะมีค่ามาก เพื่อให้สามารถเข้าสู่คำตอบได้เร็ว เมื่อรอบการคำนวณเพิ่มขึ้นการเปลี่ยนแปลงปริมาณการจ่ายกำลังไฟฟ้าจริง และค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ของ DG จะค่อยๆ ลดลง เพื่อเป็นการป้องกันการข้ามคำตอบที่ดีที่สุด และทำให้สามารถค้นหาคำตอบได้ใกล้เคียงคำตอบที่ดีที่สุด ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ทำการปรับปรุงระยะทางการเคลื่อนที่ของแบคทีเรียในรูปแบบของสมการฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล

ผลการทดสอบของวิธีการ ABFOA ที่พัฒนาขึ้นเพื่อหาขนาดและตำแหน่งที่เหมาะสมของโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก โดยการใช้ค่าปัจจัยของกำลังไฟฟ้าสูญเสียของสายจำหน่ายเพื่อเลือกคัดกลุ่มคำตอบของตำแหน่งติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็กเบื้องต้น รวมทั้งปรับปรุงระยะทางการเคลื่อนที่ของแบคทีเรียให้สามารถเปลี่ยนแปลงตามจำนวนรอบของการเคลื่อนที่ในขั้นตอนเคโมแทกซิส และจำนวนรอบของขั้นตอนการสืบพันธุ์เป็นแบบฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล เพื่อหาขนาดและตำแหน่งของโรงไฟฟ้าขนาดเล็กที่ทำให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียมีค่าน้อยที่สุด ทำการทดสอบ 2 แบบ คือ หาขนาดและตำแหน่งที่เหมาะสมของโรงไฟฟ้าขนาดเล็กจำนวน 1 และ 2 โรง ทดสอบกับระบบ IEEE ขนาด 33 บัส และระบบจำหน่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ขนาด 331 บัส จากผลการทดสอบพบว่าคำตอบที่ได้จากวิธีการ ABFOA ที่พัฒนาขึ้นพบว่าสามารถหาขนาดและตำแหน่งที่เหมาะสมของโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก จำนวน 1 โรง กับระบบจำหน่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ขนาด 331 บัส ที่ทำให้

กำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบลดลงได้ 96.91% และเมื่อทดสอบหาขนาดและตำแหน่งที่เหมาะสมของโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก จำนวน 2 โรง กับระบบจำหน่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ขนาด 331 บัส ทำให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบลดลงได้ 97.54% และหลังเชื่อมต่อโรงไฟฟ้ากับระบบจำหน่ายจะ ช่วยปรับปรุงแรงดันไฟฟ้าของระบบให้ดีขึ้น ซึ่งจากผลการทดสอบพบว่าขนาดและตำแหน่งที่เหมาะสมของโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก 1 โรง มีค่าใกล้เคียงขนาดของโหลดรวมของระบบ และตำแหน่งที่เหมาะสมคือ ติดตั้งอยู่ใกล้กับกลุ่มโหลดซึ่งจะช่วยลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบได้ และเมื่อทดสอบเชื่อมต่อโรงไฟฟ้าขนาดเล็กจำนวน 2 โรง กับระบบจำหน่าย มีแนวโน้มที่ค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียลดลงได้มากกว่า เมื่อเชื่อมต่อโรงไฟฟ้าเพียงโรงเดียว จึงสามารถสรุปได้ว่า การเชื่อมต่อโรงไฟฟ้าแบบกระจายตามกลุ่มโหลดจะช่วยให้อำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบมีค่าน้อยที่สุด และการติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก ใกล้กับโหลดจะช่วยยกระดับแรงดันในระบบให้สูงขึ้น

จากผลการทดสอบพบว่าแนวทางการศึกษานี้จะเป็นประโยชน์ต่อการบริหารจัดการด้านพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถกำหนดบริเวณโซนที่เหมาะสมที่จะเชื่อมต่อโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก หรือหากไม่สามารถกำหนดตำแหน่งติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็กได้ ก็สามารถปริมาณการจ่ายของ โรงไฟฟ้าขนาดเล็กที่เหมาะสม ณ ตำแหน่งนั้นได้ เพื่อรองรับการพัฒนาาระบบโครงข่ายสมาร์ทกริดในอนาคต

6.2 ข้อเสนอแนะ

6.2.1 วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ศึกษาหาขนาดและตำแหน่งที่เหมาะสมของโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก ที่ผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบซิงโครนัส สามารถนำไปศึกษาเพิ่มเติมกับโรงไฟฟ้าแบบอื่นได้

6.2.2 วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ศึกษาเฉพาะโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก สามารถนำไปศึกษาเพิ่มเติมเพื่อหาขนาดและตำแหน่งที่เหมาะสมของโรงไฟฟ้าขนาดเล็กและคาปาซิเตอร์ได้

6.2.3 วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ศึกษาหาขนาดและตำแหน่งที่เหมาะสมของโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก ไม่เกิน 2 โรง สามารถนำไปศึกษาเพิ่มเติมเพื่อหาขนาดและตำแหน่งที่เหมาะสมของโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก มากกว่า 2 โรงได้

6.2.4 การทดสอบปรับค่าพารามิเตอร์ของวิธีการหาอาหารของแบคทีเรีย ในวิทยานิพนธ์นี้เป็น การปรับค่าที่กำหนดให้พารามิเตอร์สามารถเคลื่อนที่เพียงหนึ่งค่าและให้พารามิเตอร์ที่เหลือมีค่าคงที่ อาจเป็นค่าที่ไม่เหมาะสมที่สุดแต่สามารถหาค่าตอบมีแนวโน้มที่ดีกว่าเดิมได้ ดังนั้นหากต้องการค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมมากกว่าเดิม ควรทำการทดสอบปรับค่าพารามิเตอร์โดยให้พารามิเตอร์เคลื่อนที่ทุกตัว เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุด

เอกสารอ้างอิง

เอกสารอ้างอิง

- [1] คณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ (กพข.). (2557). “อัตราส่วนเพิ่มราคาซื้อขายไฟฟ้า”, การกำหนดอัตราไฟฟ้า. <http://www.eppo.go.th/nepc/kpc/kpc-147.html>. 16 กุมภาพันธ์, 2558.
- [2] กระทรวงพลังงาน. (2551). “การติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลแบบกระจาย”, นโยบายด้านพลังงานของรัฐบาล. <http://www.energy.go.th/>. 19 พฤษภาคม, 2558.
- [3] ประดิษฐ์ เพ็องฟู. รายงานวิจัยผลกระทบของแหล่งผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว (Distributed Generation) ต่อระบบโครงข่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค. กรุงเทพฯ: ฝ่ายวิจัยและพัฒนาระบบไฟฟ้า การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, 2551.
- [4] Vovos, P. N. and Bialek, J. W. “Direct incorporation of fault level constraints in optimal power flow as a tool for network capacity analysis”, *IEEE Trans. Power Syst.* 20(4): 2125–2134, 2005.
- [5] Keane, A. and O’Malley, M. “Optimal Allocation of Embedded Generation on Distribution Networks”, *IEEE Trans. Power Syst.* 20(4): 1640–1646, 2005.
- [6] Ochoa, L. F., Dent, C. J. and Harrison, G. P. “Distribution network capacity assessment: Variable DG and active networks”, *IEEE Trans. Power Syst.* 25(1): 87–95, 2010.
- [7] Hedayati, H., Nabaviniaki S. A. and Akbarimajd A. “A method for placement of DG units in distribution networks”, *IEEE Trans. Power Del.* 23(3): 1620–1628, 2008.
- [8] Caisheng, W. and Nehrir, M. H. “Analytical approaches for optimal placement of distributed generation sources in power systems”, *IEEE Trans. Power Syst.* 19(4): 2068–2076, 2004.
- [9] Kotamarty, S., Khushalani, S. and Schulz, N. “Impact of distributed generation on distribution contingency analysis”, *Elect. Power Syst. Res.* 78(9): 1537–1545, 2008.
- [10] Singh, D. D., Singh, K. and Verma, S. “Multiobjective optimization for DG planning with load models”, and *IEEE Trans. Power Syst.* 24(1): 427–436, 2009.
- [11] Ghosh, S., Ghoshal, P. and Ghosh, S. “Optimal sizing and placement of distributed generation in a network system”, *Int. J. Electr. Power Energy Syst.* 32(8): 849–856, 2010.
- [12] Abu-Mouti, F. S. and El-Hawary, M. E. “Optimal distributed generation allocation and sizing in distribution systems via artificial bee colony algorithm”, *IEEE Trans. Power Del.* 26(4): 2090–2101, 2011.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- [13] Kyu-Ho, K. and et al. "Dispersed Generator Placement using Fuzzy-GA in Distribution Systems", **IEEE Power Engineering Society Summer Meeting**. 9(3): 1148-1153, 2002.
- [14] Nara, K. and et al. "Application of Tabu Search to Optimal Placement of Distributed Generators", **IEEE Power Engineering Society Winter Meeting**. 10(2): 918-923, 2011.
- [15] Gozel, T. and et al. "Optimal placement and sizing of distributed generation on radial feeder with different static load models", **IEEE Future Power Systems**. 3(1): 2-6, 2005.
- [16] Acharya, N. P. and Mahat, N. "Mithulanathan An analytical approach for DG allocation in primary distribution network", **Int. J. Elect. Power Energy Syst**. 28(10): 669-678, 2006.
- [17] Duong-Quoc, H., Mithulanathan, N. and Bansal, R. C. "Analytical Expressions for DG Allocation in Primary Distribution Networks", **IEEE Transactions on energy conversion**. 6(25): 814-820, 2010.
- [18] Singh, T., Ghose, T. and Goswami S. K. "Optimal Feeder Routing Based on the Bacterial Foraging Technique", **IEEE Transactions Power Delivery**. 27(1): 70-78, 2012.
- [19] Willis, H. L. "Analytical methods and rules of thumb for modeling DG-distribution interaction", **IEEE Power Engineering Society Summer Meeting**. 3(2): 1643-1644, 2000.
- [20] Bala, J. L., Kuntz, P. A. and Pebles, M. N. "Optimum capacitor allocation using a distribution-analyzer-recorder", **IEEE Trans Power Delivery**. 12(1): 464-469, 1997.
- [21] Prakash, K. and Sydulu, M. "Particle Swarm Optimization Based Capacitor Placement on Radial Distribution Systems", **IEEE Power Engineering Society General Meeting**. 12(1): 1-5, 2007.
- [22] Sarma, A. K. and Mahammad, K. "Optimal Selection of Capacitors for Radial Distribution Systems Using Plant Growth Simulation Algorithm", **International Journal of Advanced Science and Technology**. 30(1): 43-54, 2011.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- [23] Tabatabaei, S. M. and et al. “Bacterial foraging-based solution for optimal capacitor allocation in distribution systems”, **IEEE International Conference Power and Energy (PECon)**. 3(1): 253–258, 2010.
- [24] Thota, P. and Kirthiga, M. V. “Optimal siting & sizing of distributed generators in micro-grids”, **IEEE India Conference (INDICON)**. 6(1): 730–735, 2010.
- [25] Bahramirad, S., McClanahan, J. and Khodaei, A. “Application of real-time monitoring in efficient operation of distributed static compensators”, **IEEE Power and Energy Society General Meeting (PES)**. 10(2): 1-5, 2013.
- [26] Passino, K. M. “Biomimicry of bacterial foraging for distributed optimization and control”, **IEEE Control Syst. Mag.** 22(3): 52–67, 2002.
- [27] Sathish, K. K. and Jayabarathi, T. “Power system reconfiguration and loss minimization for an distribution systems using bacterial foraging optimization algorithm”, **Electrical Power and Energy Systems**. 36(1): 13-17, 2012.
- [28] Imran, A. M. and Kowsala, M. “Optimal Distributed Generation and capacitor placement in power distribution networks for power loss minimization”, **International Conference Advances in Electrical Engineering (ICAEE)**. 4(2): 1–6, 2014.
- [29] Dasgupta, S. and et al. “Adaptive Computational Chemotaxis in Bacterial Foraging Optimization: An Analysis”, **IEEE Transactions on Evolutionary Computation**. 13(4): 919-941, 2009.
- [30] Xin, X. and et al. “A New Adaptive Bacterial Foraging Optimizer based on Field”, **IEEE Natural Computation (ICNC)**. 3(2): 986– 990, 2002.
- [31] Jarraya, Y. and et al. “The Adaptive Chemotactic Foraging with Differential Evolution algorithm”, **IEEE World Congress on Nature and Biologically Inspired Computing (NaBIC)**. 3(1): 63–68, 2013.
- [32] Supriyono, H. and Tokhi, M, O. “Bacterial Foraging Algorithm with Adaptable Chemotactic Step Size”, **IEEE Computational Intelligence, Communication Systems and Networks (CICSyN)**. 10(3): 72–77, 2010.
- [33] Ben, N. and et al. “Improved BFO with Adaptive Chemotaxis Step for Global Optimization”, **IEEE Information Science and Engineering (ISISE)**. 4(1): 76–80, 2011.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- [34] Ying, C. and et al. "A Fast Bacterial Swarming Algorithm for high-dimensional function optimization", IEEE Congress on Evolutionary Computation (IEEE World Congress on Computational Intelligence). 10(3): 3135-3140, 2008.
- [35] การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค. รายงานสถานะข้อมูลการเชื่อมโยงโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก/เล็กมาก ประจำเดือนสิงหาคม 2557. อุบลราชธานี: การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เขต 2 ภาค 2, 2557.
- [36] การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค. ระเบียบการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ว่าด้วยข้อกำหนดการใช้บริการระบบโครงข่ายไฟฟ้า. กรุงเทพฯ: การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค สำนักงานใหญ่, 2551.
- [37] สุชาติ ปรีชากร. "การใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม (ตอนที่2)", แหล่งกำเนิดไฟฟ้า. <http://www.thailandindustry.com>. 3 มีนาคม, 2558.
- [38] Saadat, H. *Power System Analysis*. New York: McGraw-Hill, 2004.
- [39] Deshpande, M. V. *Elements of Electrical Power Station Design*. 11th. Edition. India: A Division of A.H.Wheeler & Co.Ltd., 1999.
- [40] Abu-Mouti, F. S. and El-Hawary, M.E. "Modified artificial bee colony algorithm for optimal distributed generation sizing and allocation in distribution systems", IEEE Electrical Power & Energy Conference (EPEC). 7(2): 1-9, 2009.
- [41] Baran, M. E. and Wu, F. F. "Network reconfiguration in distribution systems for loss reduction and load balancing", IEEE Trans. on Power Del. 6(4): 1401-1407, 1989.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ข้อมูลระบบทดสอบ IEEE ขนาด 33 บัส

ก.1 ระบบ IEEE ขนาด 33 บัส

ตารางที่ ก.1 ข้อมูลโหลดและสายป้อนของแบบจำลองระบบ IEEE ขนาด 33 บัส

หมายเลขสายป้อน	บัสส่ง	บัสรับ	ค่าความต้านทานสาย (p.u.)	ค่าความเหนี่ยวนำสาย (p.u.)	โหลดที่ต่ออยู่กับบัสรับ	
					กำลังไฟฟ้าแอกทีฟ (MW)	กำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ (MVA _r)
1	1	2	0.057526	0.029324	0.1	0.06
2	2	3	0.307595	0.156668	0.09	0.04
3	3	4	0.228357	0.1163	0.12	0.08
4	4	5	0.237778	0.121104	0.06	0.03
5	5	6	0.510995	0.441115	0.06	0.02
6	6	7	0.116799	0.386085	0.2	0.1
7	7	8	0.44386	0.146685	0.2	0.1
8	8	9	0.642643	0.461705	0.06	0.02
9	9	10	0.651378	0.461705	0.06	0.02
10	10	11	0.124535	0.040555	0.045	0.03
11	11	12	0.233598	0.077242	0.06	0.035
12	12	13	0.915922	0.720634	0.06	0.035
13	13	14	0.337918	0.444796	0.12	0.08
14	14	15	0.36874	0.328185	0.06	0.01
15	15	16	0.465635	0.340039	0.06	0.02
16	16	17	0.80424	1.073775	0.06	0.02
17	17	18	0.456713	0.358133	0.09	0.04
18	2	19	0.102324	0.097644	0.09	0.04
19	19	20	0.938508	0.845668	0.09	0.04
20	20	21	0.255497	0.298486	0.09	0.04
21	21	22	0.442301	0.584805	0.09	0.04
22	3	23	0.281515	0.192356	0.09	0.05

Voltage Base = 12.66 kV, MVA Base = 100 MVA

ตารางที่ ก.1 ข้อมูลโหลดและสายป้อนของแบบจำลองระบบ IEEE ขนาด 33 บัส(ต่อ)

หมายเลขสายป้อน	บัสส่ง	บัสรับ	ค่าความต้านทานสาย (p.u.)	ค่าความเหนี่ยวนำสาย (p.u.)	โหลดที่ต่ออยู่กับบัสรับ	
					กำลังไฟฟ้าแอกทีฟ (MW)	กำลังไฟฟารีแอกทีฟ (MVA _r)
23	23	24	0.560285	0.442425	0.42	0.2
24	24	25	0.559037	0.437434	0.42	0.2
25	6	26	0.126657	0.064514	0.06	0.025
26	26	27	0.17732	0.090282	0.06	0.025
27	27	28	0.660737	0.582559	0.06	0.02
28	28	29	0.501761	0.437122	0.12	0.07
29	29	30	0.316642	0.161285	0.2	0.6
30	30	31	0.607953	0.60084	0.15	0.07
31	31	32	0.193729	0.225799	0.21	0.1
32	32	33	0.212759	0.330805	0.06	0.04
Tie Line						
34	7	20	1.247851	1.247851	-	-
35	8	14	1.247851	1.247851	-	-
36	11	21	1.247851	1.247851	-	-
37	17	32	0.311963	0.311963	-	-
38	24	28	0.311963	0.311963	-	-

ภาคผนวก ข
ข้อมูลระบบทดสอบการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ขนาด 331 บัส

ข.1 ระบบจำหน่ายการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ขนาด 331 บัส

ตารางที่ ข.1 ข้อมูลโหลดและสายป้อนของแบบจำลองระบบการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ขนาด 331 บัส

หมายเลขสายป้อน	บัสส่ง	บัสรับ	ค่าความต้านทานสาย (p.u.)	ค่าความเหนี่ยวนำสาย (p.u.)	โหลดที่ต่ออยู่กับบัสรับ	
					กำลังไฟฟ้าแอกทีฟ (MW)	กำลังไฟฟารีแอกทีฟ (MVA _r)
1	1	2	0.000137	0.000686	0	0
2	2	3	0.063335	0.089769	0	0
3	3	4	0.062607	0.088738	0	0
4	4	5	0.182212	0.258263	0	0
5	4	82	0.003024	0.001636	0.015725	0.007375
6	5	6	0.031123	0.044113	0	0
7	6	7	0.073517	0.116627	0	0
8	7	8	0.029417	0.046667	0.078625	0.036875
9	7	84	0.029327	0.020715	0	0
10	8	9	0.013337	0.021157	0.009435	0.004425
11	9	10	0.036537	0.057962	0.031450	0.014750
12	10	11	0.039783	0.063111	0	0
13	11	12	0.054382	0.086271	0.009435	0.004425
14	12	13	0.038500	0.061076	0.009435	0.004425
15	14	15	0.003855	0.006116	0	0
16	14	13	0.006487	0.010292	0.009435	0.004425
17	15	16	0.065949	0.104621	0	0
18	15	89	0.182846	0.129123	0	0
19	16	17	0.122797	0.194804	0	0
20	16	96	0.078596	0.055506	0.050320	0.023600
21	17	18	0.127367	0.202054	0	0
22	18	19	0.003080	0.006059	0	0

Voltage Base = 22 kV, MVA Base = 100 MVA

ตารางที่ ข.1 ข้อมูลโหลดและสายป้อนของแบบจำลองระบบการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ขนาด 331 บัส (ต่อ)

หมายเลขสายป้อน	บัสส่ง	บัสรับ	ค่าความต้านทานสาย (p.u.)	ค่าความเหนี่ยวนำสาย (p.u.)	โหลดที่ต่ออยู่กับบัสรับ	
					กำลังไฟฟ้าแอกทีฟ (MW)	กำลังไฟฟารีแอกทีฟ (MVAr)
23	19	20	0.018718	0.036821	0	0
24	19	129	0.169546	0.127794	0	0
25	20	21	0.000004	0.000008	0	0
26	21	22	0.001540	0.003030	0	0
27	22	23	0.024153	0.047513	0	0
28	22	132	0.000151	0.000376	0.006290	0.002950
29	23	24	0.022096	0.043467	0	0
30	24	25	0.001480	0.002911	0	0
31	24	133	0.000142	0.000354	0.006290	0.002950
32	25	26	0.001492	0.002934	0	0
33	25	134	0.000149	0.000372	0.009435	0.004425
34	26	27	0.002141	0.004211	0.009435	0.004425
35	26	135	0.004198	0.008258	0	0
36	27	28	0.042421	0.083450	0	0
37	28	142	0.003491	0.001934	0.031450	0.014750
38	28	29	0.011404	0.022434	0	0
39	29	144	0.037183	0.026257	0	0
40	29	30	0.033430	0.065764	0	0
41	30	31	0.008495	0.012040	0	0
42	31	32	0.000910	0.001289	0	0
43	31	146	0.000152	0.000380	0.009435	0.004425
44	32	33	0.012094	0.017142	0	0
45	32	147	0.017714	0.007317	0	0

ตารางที่ ข.1 ข้อมูลโหลดและสายป้อนของแบบจำลองระบบการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ขนาด 331 บัส (ต่อ)

หมายเลขสายป้อน	บัสส่ง	บัสรับ	ค่าความต้านทานสาย (p.u.)	ค่าความเหนี่ยวนำสาย (p.u.)	โหลดที่ต่ออยู่กับบัสรับ	
					กำลังไฟฟ้าแอกทีฟ (MW)	กำลังไฟฟารีแอกทีฟ (MVar)
46	33	34	0.010669	0.015122	0	0
47	34	35	0.004513	0.006397	0	0
48	34	149	0.004778	0.002935	0	0
49	35	36	0.018672	0.030534	0	0
50	35	151	0.040319	0.028477	0	0
51	36	37	0.005313	0.008428	0	0
52	37	38	0.002983	0.004733	0	0
53	37	153	0.000147	0.000342	0.031450	0.014750
54	38	154	0.000513	0.000212	0	0
55	38	39	0.017094	0.027118	0	0
56	39	40	0.017900	0.028397	0	0
57	40	41	0.017133	0.027179	0	0
58	40	157	0.000365	0.000258	0	0
59	41	42	0.002698	0.004279	0	0
60	41	176	0.007066	0.003791	0.031450	0.014750
61	42	43	0.021475	0.034068	0	0
62	42	177	0.007080	0.003209	0.015725	0.007375
63	43	44	0.002174	0.003449	0	0
64	43	178	0.000519	0.000823	0	0
65	44	181	0.002420	0.001000	0.786250	0.368749
66	44	45	0.000675	0.001070	0	0
67	45	46	0.005040	0.007995	0	0
68	45	183	0.004309	0.008477	0	0

ตารางที่ ข.1 ข้อมูลโหลดและสายป้อนของแบบจำลองระบบการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ขนาด 331 บัส (ต่อ)

หมายเลขสายป้อน	บัสส่ง	บัสรับ	ค่าความต้านทานสาย (p.u.)	ค่าความเหนี่ยวนำสาย (p.u.)	โหลดที่ต่ออยู่กับบัสรับ	
					กำลังไฟฟ้าแอกทีฟ (MW)	กำลังไฟฟารีแอกทีฟ (MVAr)
69	46	186	0.000228	0.000529	0	-1.500000
70	46	47	0.018463	0.029290	0	0
71	47	48	0.021983	0.034874	0	0
72	47	187	0.035110	0.019451	0	0
73	48	49	0.019176	0.030421	0	0
74	48	191	0.000153	0.000381	0.009435	0.004425
75	49	50	0.003166	0.005022	0	0
76	49	192	0.004376	0.003096	0.015725	0.007375
77	50	51	0.011842	0.018787	0	0
78	50	193	0.024085	0.017008	0	0
79	51	52	0.012434	0.022031	0	-0.300000
80	51	195	0.000156	0.000389	0.009435	0.004425
81	52	53	0.019045	0.037465	0	0
82	53	54	0.012834	0.025248	0	0
83	53	256	0.000148	0.000344	0.078625	0.036875
84	54	257	0.000004	0.000008	0.009435	0.004425
85	54	55	0.003668	0.007216	0	0
86	55	56	0.009761	0.019202	0	0
87	55	258	0.002401	0.001752	0.009435	0.004425
88	56	57	0.004398	0.008651	0	0
89	56	259	0.000320	0.000631	0	0
90	57	58	0.000740	0.001456	0	0
91	57	286	0.000154	0.000357	0.078625	0.036875

ตารางที่ ข.1 ข้อมูลโหลดและสายป้อนของแบบจำลองระบบการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ขนาด 331 บัส (ต่อ)

หมายเลขสายป้อน	บัสส่ง	บัสรับ	ค่าความต้านทานสาย (p.u.)	ค่าความเหนี่ยวนำสาย (p.u.)	โหลดที่ต่ออยู่กับบัสรับ	
					กำลังไฟฟ้าแอกทีฟ (MW)	กำลังไฟฟารีแอกทีฟ (MVAr)
92	58	59	0.000203	0.000400	0	0
93	58	287	0.003816	0.002406	0.157250	0.073749
94	59	60	0.000249	0.000353	0	0
95	60	288	0.000182	0.000258	0	0
96	60	61	0.002320	0.003289	0	0
97	61	289	0.004464	0.001844	0	0
98	61	62	0.003412	0.004837	0	0
99	62	63	0.002331	0.003304	0	0
100	62	293	0.020350	0.012059	0	0
101	63	64	0.002098	0.002974	0	0
102	63	296	0.005460	0.007089	0.015725	0.007375
103	64	65	0.001966	0.002787	0	0
104	64	297	0.008092	0.006416	0.078625	0.036875
105	65	66	0.003398	0.004817	0	0
106	65	298	0.007680	0.005668	0.015725	0.007375
107	66	67	0.002137	0.003029	0	0
108	66	299	0.008531	0.003800	0.031450	0.014750
109	67	68	0.000750	0.001063	0	0
110	67	300	0.000150	0.000347	0.015725	0.007375
111	68	69	0.006398	0.009069	0	0
112	69	70	0.002995	0.004245	0	0
113	70	71	0.009173	0.013001	0	0
114	70	303	0.001820	0.001266	0.015725	0.007375
115	71	72	0.019529	0.027680	0	0

ตารางที่ ข.1 ข้อมูลโหลดและสายป้อนของแบบจำลองระบบการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ขนาด 331 บัส (ต่อ)

หมายเลขสายป้อน	บัสส่ง	บัสรับ	ค่าความต้านทานสาย (p.u.)	ค่าความเหนี่ยวนำสาย (p.u.)	โหลดที่ต่ออยู่กับบัสรับ	
					กำลังไฟฟ้าแอกทีฟ (MW)	กำลังไฟฟารีแอกทีฟ (MVar)
116	71	304	0.001613	0.000666	0	0
117	72	73	0.003388	0.006666	0	0
118	72	309	0.015477	0.008852	0.015725	0.007375
119	73	74	0.001234	0.002427	0	0
120	73	310	0.008191	0.003663	0.050320	0.023600
121	74	311	0.001379	0.002713	0.009435	0.004425
122	74	75	0.000563	0.000398	0	0
123	75	76	0.000004	0.000008	0	0
124	76	77	0.004088	0.002887	0	0
125	77	78	0.088034	0.062166	0	0
126	78	79	0.128667	0.090858	0	0
127	78	313	0.007086	0.004272	0.015725	0.007375
128	79	314	0.011287	0.007970	0	0
129	79	80	0.028828	0.020357	0	0
130	80	81	0.011267	0.007956	0	0
131	80	318	0.105360	0.074400	0	0
132	83	5	0.003579	0.002473	0	0
133	84	85	0.086502	0.064647	0	0
134	84	88	0.000151	0.000351	0.031450	0.014750
135	85	86	0.011981	0.009031	0	0
136	85	87	0.000150	0.000375	0.009435	0.004425
137	89	90	0.101729	0.071836	0	0
138	89	95	0.000139	0.000346	0.009435	0.004425
139	90	93	0.027253	0.020542	0	0

ตารางที่ ข.1 ข้อมูลโหลดและสายป้อนของแบบจำลองระบบการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ขนาด 331 บัส (ต่อ)

หมายเลขสายป้อน	บัสส่ง	บัสรับ	ค่าความต้านทานสาย (p.u.)	ค่าความเหนี่ยวนำสาย (p.u.)	โหลดที่ต่ออยู่กับบัสรับ	
					กำลังไฟฟ้าแอกทีฟ (MW)	กำลังไฟฟารีแอกทีฟ (MVAr)
140	90	91	0.242903	0.171526	0.050320	0.023600
141	91	92	0.010072	0.007112	0	0
142	93	94	0.000145	0.000361	0.006290	0.002950
143	96	97	0.492392	0.226574	0	0
144	97	101	0.065171	0.046020	0	0
145	97	98	0.031355	0.022141	0	0
146	98	100	0.005874	0.004148	0	0
147	98	99	0.000152	0.000353	0.015725	0.007375
148	101	104	0.012638	0.008924	0.050320	0.023600
149	101	102	0.094430	0.066688	0.015725	0.007375
150	102	103	0.000155	0.000386	0.009435	0.004425
151	104	105	0.049044	0.034632	0	0
152	105	106	0.015430	0.007372	0.050320	0.023600
153	107	108	0.072926	0.051497	0	0
154	107	105	0.224189	0.158318	0	0
155	107	110	0.127032	0.089704	0	0
156	108	109	0.000255	0.000591	0.015725	0.007375
157	110	111	0.005346	0.004015	0.031450	0.014750
158	112	104	0.123249	0.087033	0.050320	0.023600
159	112	122	0.432794	0.305618	0	0
160	112	113	0.249552	0.176222	0	0
161	113	114	0.104160	0.073553	0	0
162	114	115	0.018268	0.012900	0	0
163	114	118	0.314870	0.222346	0	0

ตารางที่ ข.1 ข้อมูลโหลดและสายป้อนของแบบจำลองระบบการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ขนาด 331 บัส (ต่อ)

หมายเลขสายป้อน	บัสส่ง	บัสรับ	ค่าความต้านทานสาย (p.u.)	ค่าความเหนี่ยวนำสาย (p.u.)	โหลดที่ต่ออยู่กับบัสรับ	
					กำลังไฟฟ้าแอกทีฟ (MW)	กำลังไฟฟารีแอกทีฟ (MVA _r)
164	115	117	0.003287	0.002321	0	0
165	115	116	0.000147	0.000367	0.006290	0.002950
166	118	119	0.003285	0.001357	0	0
167	119	120	0.021106	0.008718	0	0
168	120	121	0.000157	0.000365	0.015725	0.007375
169	122	124	0.034023	0.024025	0	0
170	122	123	0.000150	0.000348	0.015725	0.007375
171	124	126	0.028708	0.016817	0.009435	0.004425
172	124	125	0.000152	0.000353	0.015725	0.007375
173	126	127	0.056864	0.039333	0	0
174	127	128	0.000650	0.001508	0.015725	0.007375
175	129	131	0.005758	0.004340	0	0
176	129	130	0.000147	0.000368	0.006290	0.002950
177	135	137	0.039269	0.077249	0	0
178	135	136	0.003549	0.002479	0.009435	0.004425
179	137	138	0.052261	0.102808	0	0
180	137	139	0.163574	0.123293	0.009435	0.004425
181	139	140	0.032268	0.024322	0	0
182	140	141	0.000154	0.000385	0.009435	0.004425
183	142	143	0.001655	0.001176	0.015725	0.007375
184	144	145	0.007004	0.004946	0	0
185	144	160	0.000150	0.000349	0.050320	0.023600
186	147	148	0.000245	0.000568	0.031450	0.014750
187	149	150	0.000004	0.000008	0.015725	0.007375

ตารางที่ ข.1 ข้อมูลโหลดและสายป้อนของแบบจำลองระบบการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ขนาด 331 บัส (ต่อ)

หมายเลขสายป้อน	บัสส่ง	บัสรับ	ค่าความต้านทานสาย (p.u.)	ค่าความเหนี่ยวนำสาย (p.u.)	โหลดที่ต่ออยู่กับบัสรับ	
					กำลังไฟฟ้าแอกทีฟ (MW)	กำลังไฟฟารีแอกทีฟ (MVAr)
188	151	152	0.000147	0.000340	0.031450	0.014750
189	154	155	0.014841	0.006130	0	0
190	155	156	0.002822	0.001845	0.015725	0.007375
191	157	158	0.043048	0.030398	0	0
192	158	161	0.003776	0.002667	0	0
193	158	159	0.000157	0.000391	0.006290	0.002950
194	161	162	0.001211	0.000855	0	0
195	161	165	0.110825	0.078259	0	0
196	162	163	0.000138	0.000321	0.251600	0.117999
197	162	164	0.001000	0.000706	0	0
198	165	167	0.016796	0.011860	0	0
199	165	166	0.000147	0.000366	0.009435	0.004425
200	167	168	0.013353	0.010065	0	0
201	167	171	0.104171	0.073560	0	0
202	168	170	0.004610	0.003475	0	0
203	168	169	0.000153	0.000381	0.009435	0.004425
204	171	173	0.099491	0.070255	0	0
205	171	172	0.000143	0.000331	0.015725	0.007375
206	173	175	0.011681	0.008249	0	0
207	173	174	0.000144	0.000358	0.009435	0.004425
208	178	179	0.000293	0.000464	0	0
209	180	178	0.000972	0.002073	0	0
210	181	182	0.001262	0.000521	0	0
211	183	184	0.000557	0.001293	0.031450	0.014750

ตารางที่ ข.1 ข้อมูลโหลดและสายป้อนของแบบจำลองระบบการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ขนาด 331 บัส (ต่อ)

หมายเลขสายป้อน	บัสส่ง	บัสรับ	ค่าความต้านทานสาย (p.u.)	ค่าความเหนี่ยวนำสาย (p.u.)	โหลดที่ต่ออยู่กับบัสรับ	
					กำลังไฟฟ้าแอกทีฟ (MW)	กำลังไฟฟารีแอกทีฟ (MVA _r)
212	183	185	0.003754	0.007568	0.629000	0.295000
213	187	188	0.007898	0.004640	0.015725	0.007375
214	187	189	0.055908	0.023594	0	0
215	189	190	0.012781	0.005855	0.015725	0.007375
216	193	194	0.000152	0.000353	0.031450	0.014750
217	196	52	0.004782	0.002649	0	-0.300000
218	196	197	0.000148	0.000343	0.078625	0.036875
219	198	196	0.002841	0.001574	0	0
220	199	198	0.071507	0.039614	0.031450	0.014750
221	199	200	0.000150	0.000348	0.031450	0.014750
222	201	199	0.038087	0.021100	0	0
223	201	202	0.000151	0.000351	0.078625	0.036875
224	203	201	0.038413	0.021281	0	0
225	203	204	0.001333	0.000975	0.015725	0.007375
226	205	203	0.007849	0.004349	0	0
227	205	209	0.004819	0.009480	0	0
228	205	206	0.028354	0.011712	0	0
229	206	208	0.006024	0.002488	0	0
230	206	207	0.000148	0.000344	0.031450	0.014750
231	209	211	0.012446	0.024484	0	0
232	209	210	0.000150	0.000348	0.078625	0.036875
233	211	215	0.015756	0.006508	0	0
234	211	212	0.009077	0.017857	0	0
235	211	224	0.044538	0.031450	0	0

ตารางที่ ข.1 ข้อมูลโหลดและสายป้อนของแบบจำลองระบบการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ขนาด 331 บัส (ต่อ)

หมายเลขสายป้อน	บัสส่ง	บัสรับ	ค่าความต้านทานสาย (p.u.)	ค่าความเหนี่ยวนำสาย (p.u.)	โหลดที่ต่ออยู่กับบัสรับ	
					กำลังไฟฟ้าแอกทีฟ (MW)	กำลังไฟฟารีแอกทีฟ (MVA _r)
236	212	214	0.002065	0.004062	0	0
237	212	213	0.000151	0.000351	0.078625	0.036875
238	215	218	0.031533	0.013025	0	0
239	215	216	0.032249	0.013321	0	0
240	216	217	0.000285	0.000660	0.015725	0.007375
241	218	220	0.008150	0.003367	0	0
242	218	219	0.000153	0.000355	0.015725	0.007375
243	220	221	0.019456	0.011529	0	0
244	221	222	0.001957	0.001461	0.009435	0.004425
245	221	223	0.003800	0.002252	0	0
246	224	226	0.105174	0.074269	0	0
247	224	225	0.000146	0.000339	0.015725	0.007375
248	227	205	0.001635	0.003217	0	0
249	228	227	0.002508	0.004933	0.050320	0.023600
250	228	229	0.000151	0.000351	0.031450	0.014750
251	230	228	0.000970	0.001908	0	0
252	230	231	0.001779	0.001106	0.031450	0.014750
253	232	230	0.005625	0.011065	0	0
254	232	233	0.005027	0.009889	0	0
255	232	242	0.032905	0.023236	0	0
256	233	245	0.000004	0.000008	0.078625	0.036875
257	233	234	0.013279	0.026122	0	0
258	234	236	0.009902	0.019479	0	0
259	234	235	0.000152	0.000353	0.078625	0.036875

ตารางที่ ข.1 ข้อมูลโหลดและสายป้อนของแบบจำลองระบบการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ขนาด 331 บัส (ต่อ)

หมายเลขสายป้อน	บัสส่ง	บัสรับ	ค่าความต้านทานสาย (p.u.)	ค่าความเหนี่ยวนำสาย (p.u.)	โหลดที่ต่ออยู่กับบัสรับ	
					กำลังไฟฟ้าแอกทีฟ (MW)	กำลังไฟฟารีแอกทีฟ (MVA _r)
260	236	237	0.000051	0.000101	0	0
261	236	246	0.027342	0.016203	0	0
262	237	238	0.011639	0.022896	0	0
263	237	250	0.018722	0.007733	0	0
264	238	239	0.001939	0.003815	0	0
265	238	254	0.088412	0.062432	0	0
266	239	241	0.003630	0.007142	0	0
267	239	240	0.000145	0.000337	0.050320	0.023600
268	242	243	0.000151	0.000350	0.031450	0.014750
269	242	244	0.010274	0.007426	0.009435	0.004425
270	246	247	0.124204	0.093618	0	0
271	247	249	0.007299	0.005502	0	0
272	247	248	0.000153	0.000383	0.009435	0.004425
273	250	251	0.008485	0.003505	0	0
274	251	253	0.000155	0.000360	0.031450	0.014750
275	251	252	0.005320	0.002704	0.009435	0.004425
276	254	255	0.003338	0.002704	0.031450	0.014750
277	259	276	0.019127	0.037627	0	0
278	259	260	0.010651	0.020952	0	0
279	260	261	0.022298	0.043864	0	0
280	260	268	0.053664	0.029729	0	0
281	261	270	0.001719	0.003381	0	0
282	261	262	0.016025	0.031525	0	0
283	262	263	0.005218	0.010266	0	0

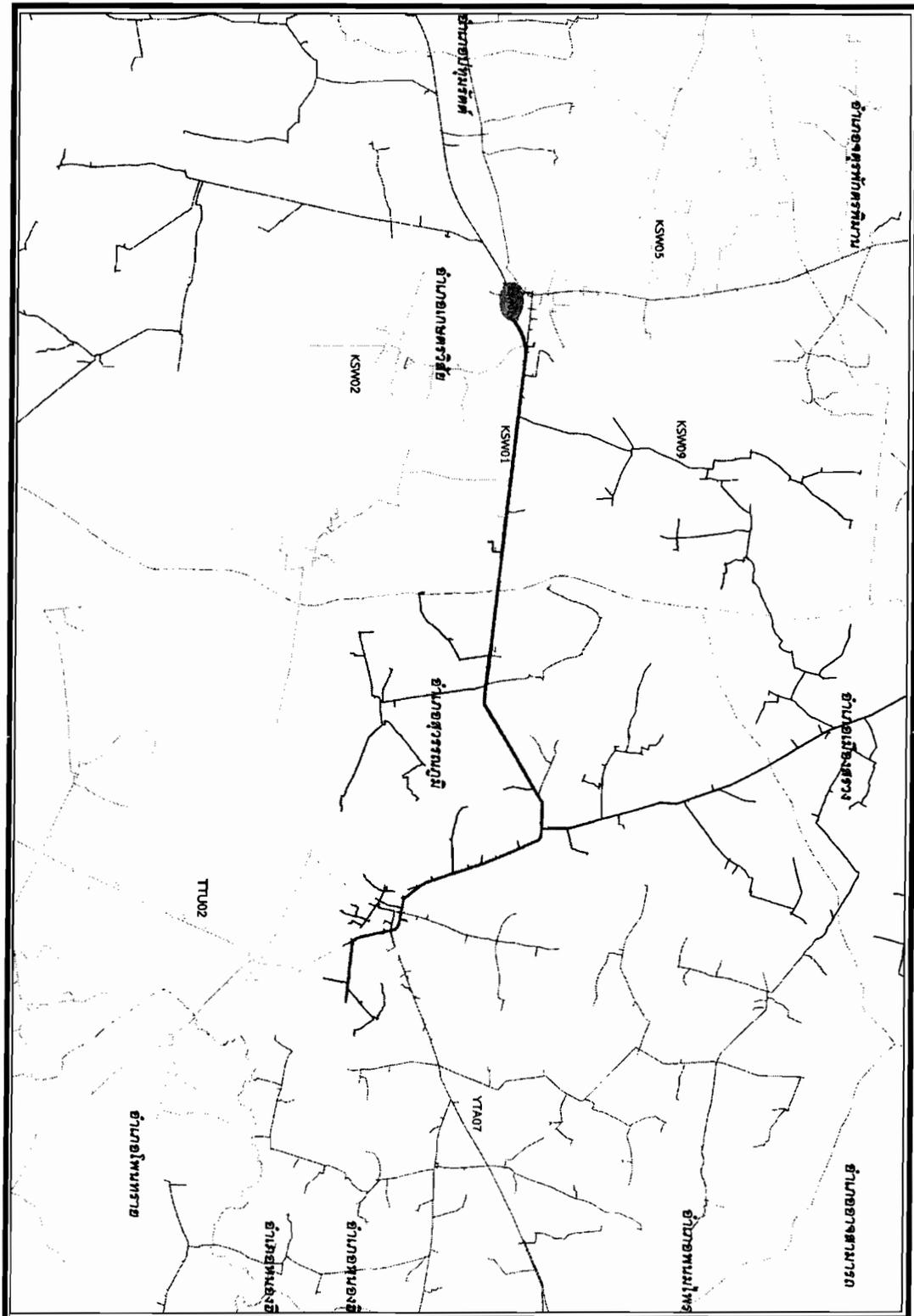
ตารางที่ ข.1 ข้อมูลโหลดและสายป้อนของแบบจำลองระบบการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ขนาด 331 บัส (ต่อ)

หมายเลขสายป้อน	บัสส่ง	บัสรับ	ค่าความต้านทานสาย (p.u.)	ค่าความเหนี่ยวนำสาย (p.u.)	โหลดที่ต่ออยู่กับบัสรับ	
					กำลังไฟฟ้าแอกทีฟ (MW)	กำลังไฟฟารีแอกทีฟ (MVA _r)
284	262	273	0.000156	0.000362	0.050320	0.023600
285	263	264	0.006694	0.013168	0	0
286	263	274	0.000149	0.000345	0.031450	0.014750
287	264	265	0.001512	0.002975	0	0
288	264	275	0.000532	0.001234	0.015725	0.007375
289	265	266	0.020192	0.011186	0	0
290	266	267	0.003427	0.001899	0.031450	0.014750
291	268	269	0.021642	0.012252	0.015725	0.007375
292	270	272	0.001889	0.003716	0	0
293	270	271	0.000146	0.000339	0.078625	0.036875
294	276	277	0.001646	0.000680	0	0
295	276	283	0.006143	0.012085	0	0
296	277	278	0.000588	0.000243	0	0
297	277	279	0.001048	0.001257	0	0
298	279	280	0.000399	0.000925	0.157250	0.073749
299	279	281	0.000785	0.001679	0	0
300	281	282	0.000004	0.000008	0.157250	0.073749
301	283	284	0.001914	0.003766	0	0
302	283	285	0.003556	0.001757	0.031450	0.014750
303	289	290	0.000661	0.000273	0	0
304	289	291	0.006803	0.002810	0	0
305	291	292	0.000419	0.000973	0.125800	0.059000
306	293	295	0.005242	0.003106	0	0
307	293	294	0.002434	0.001752	0.009435	0.004425

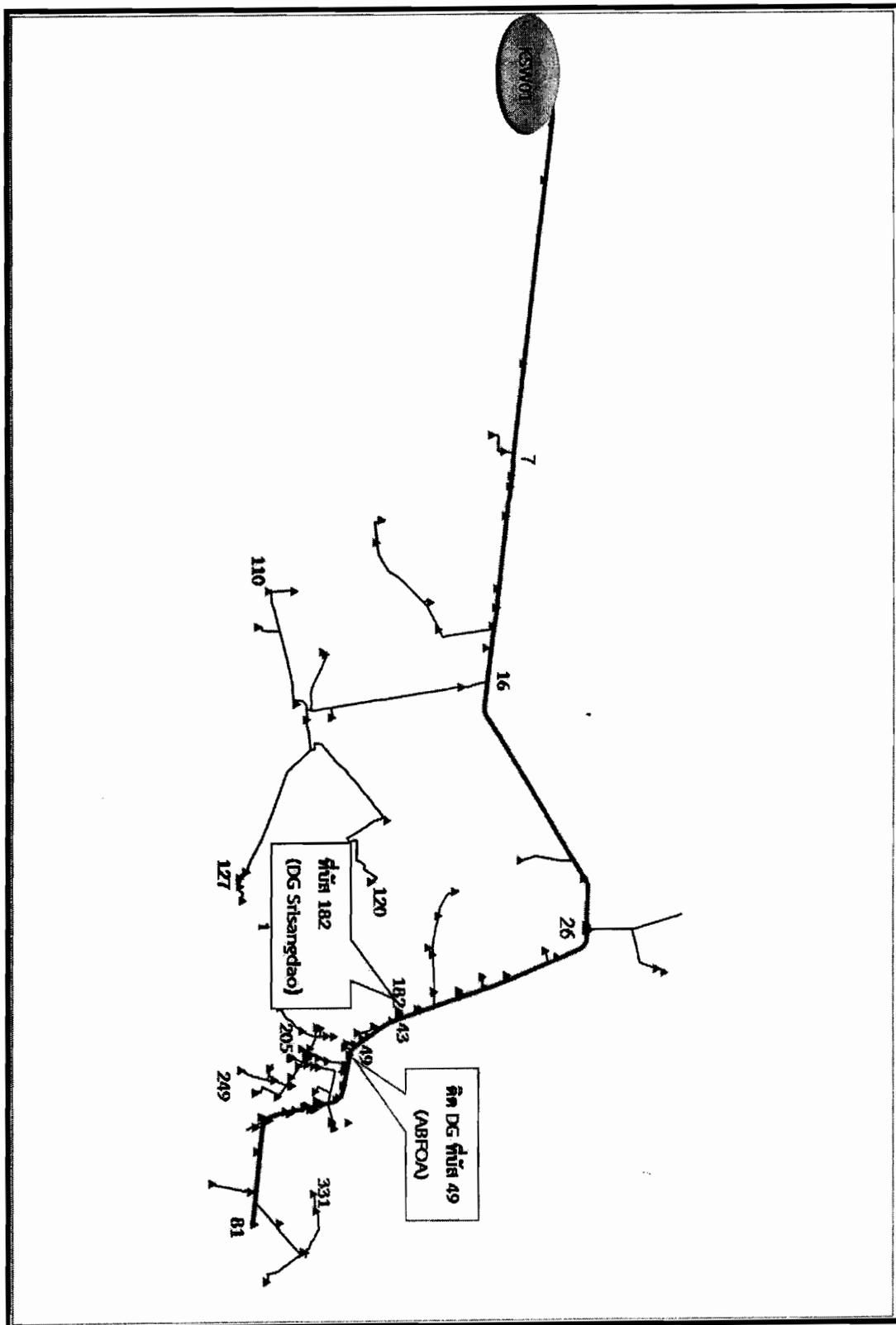
ตารางที่ ข.1 ข้อมูลโหลดและสายป้อนของแบบจำลองระบบการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ขนาด 331 บัส (ต่อ)

หมายเลขสายป้อน	บัสส่ง	บัสรับ	ค่าความต้านทานสาย (p.u.)	ค่าความเหนี่ยวนำสาย (p.u.)	โหลดที่ต่ออยู่กับบัสรับ	
					กำลังไฟฟ้าแอกทีฟ (MW)	กำลังไฟฟารีแอกทีฟ (MVA _r)
308	301	68	0.001338	0.000553	0	0
309	301	302	0.007193	0.003305	0.031450	0.014750
310	304	306	0.000226	0.000093	0	0
311	304	305	0.000994	0.000410	0	0
312	306	307	0.000578	0.001255	0.157250	0.073749
313	306	308	0.000249	0.000577	0.314500	0.147499
314	311	312	0.006737	0.009548	0.031450	0.014750
315	314	315	0.000350	0.000813	0.031450	0.014750
316	314	316	0.124946	0.093776	0	0
317	316	317	0.003341	0.002296	0.009435	0.004425
318	318	320	0.104100	0.073510	0	0
319	318	319	0.016117	0.012475	0.006290	0.002950
320	320	321	0.145181	0.102520	0	0
321	321	322	0.000157	0.000364	0.031450	0.014750
322	323	325	0.005843	0.004126	0	0
323	323	320	0.014813	0.010460	0	0
324	323	324	0.000147	0.000341	0.031450	0.014750
325	325	327	0.008882	0.006272	0	0
326	325	326	0.015604	0.011761	0	0
327	325	328	0.143367	0.108062	0	0
328	328	330	0.051974	0.039175	0	0
329	328	329	0.001954	0.001996	0.009435	0.004425
330	330	331	0.000159	0.000397	0.009435	0.004425

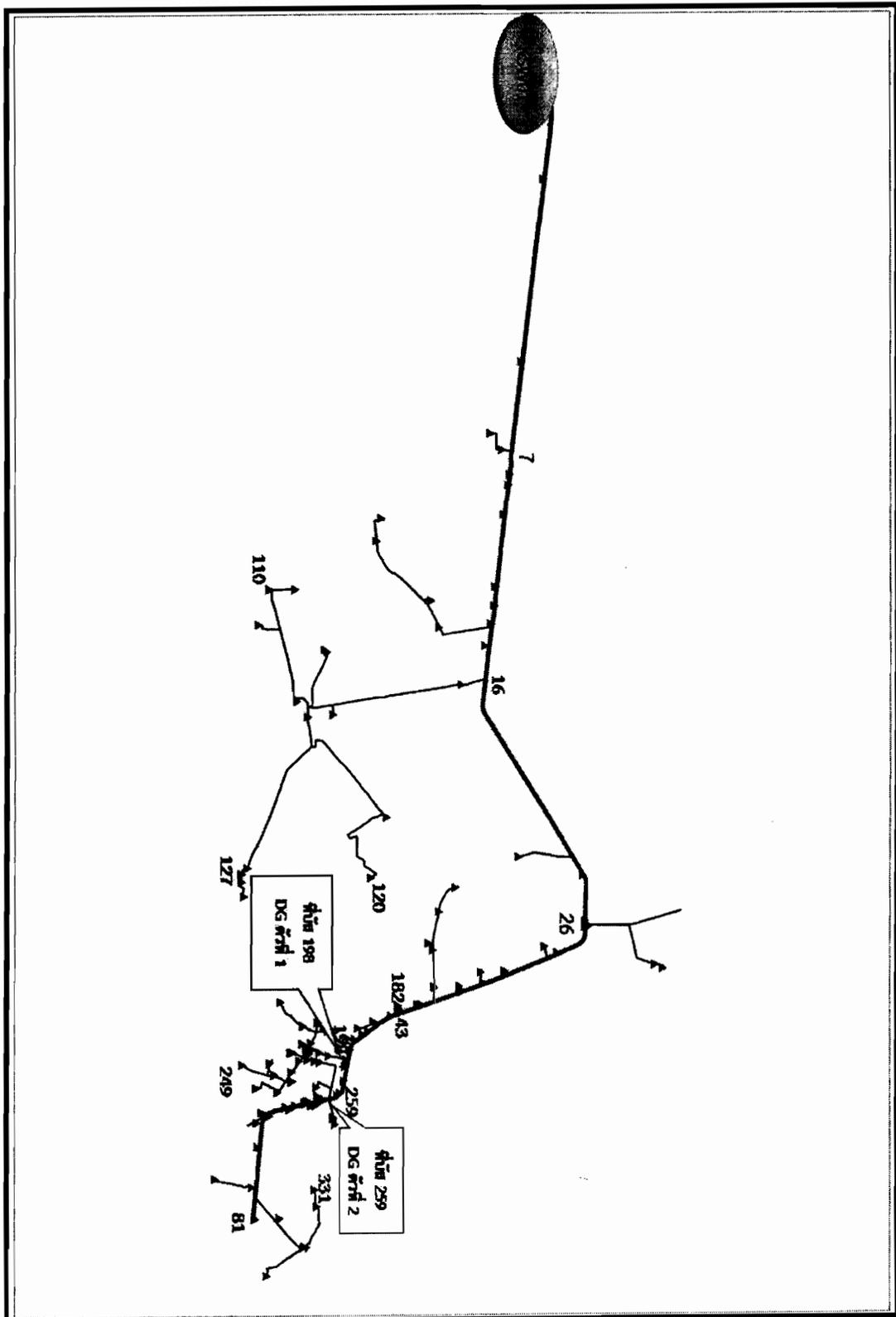
ภาคผนวก ค
ภาพข้อมูลระบบทดสอบการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ขนาด 331 บัส



ภาพที่ ค.1 ระบบจำหน่ายการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ขนาด 331 บัส



ภาพที่ ค.2 ตำแหน่งติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็กที่เหมาะสม จำนวน 1 โรง ที่เชื่อมต่อกับระบบ
 จำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ขนาด 331 บัส



ภาพที่ ค.3 ตำแหน่งติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็กที่เหมาะสม จำนวน 2 โรง ที่เชื่อมต่อกับระบบ
 จำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ขนาด 331 บัส

ภาคผนวก ง
การเผยแพร่ผลงานวิทยานิพนธ์

การเผยแพร่ผลงานวิทยานิพนธ์

ระหว่างการศึกษาวิจัยเพื่อทำวิทยานิพนธ์ ผู้เขียนได้เสนอบทความทางวิชาการ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัย จำนวน 1 บทความ โดยนำเสนอปกเกล้าในงานประชุมวิชาการ “The 2015 International Electrical Engineering Congress (iEECON2015)” และจะได้ตีพิมพ์บทความในวารสาร Advance Materials research Vol. 781 in 2015 with the title Advanced Engineering Research

Parichart Sodsri, Bongkoj Sookananta, Mongkol Pusayatanont (2015). Optimal Placement of Distributed Generation using Bacterial Foraging Optimization Algorithm. In the proceeding of Advance Materials research. Vol. 781 : Thailand.



Electrical Engineering Academic Association (Thailand)



The 2015 International Electrical Engineering Congress

The 2015 International Electrical Engineering Congress (iEECON2015)

This certificate is presented to

MONGKOL PUSAYATANONT, PARICHART SODSRI

For recognition of presenting a paper in the conference

**Optimal Placement of Distributed Generation
Using Bacterial Foraging Optimization Algorithm**

During March 18-20, 2015, Phuket City, Thailand

Professor Dr. Apirat Siritaratiwat

iEECON2015 General Chair



เลขที่ พิเศษ/๒๐๑๕

๒๐ มีนาคม ๒๕๕๘

เรื่อง การตีพิมพ์บทความในวารสาร Advance Materials Research จาก iEECON๒๐๑๕

เรียน นางสาวปาริชาติ สอดศรี

ตามที่ท่านได้นำเสนอบทความ เรื่อง Optimal placement of distributed generation using bacterial foraging optimization algorithm ในการประชุมวิชาการ The ๒๐๑๕ International Electrical Engineering Congress (iEECON๒๐๑๕) ในระหว่างวันที่ ๑๘-๒๐ มีนาคม ๒๕๕๘ ณ โรงแรมภูเก็ต เกรซแลนด์ รีสอร์ทแอนด์สปา จังหวัดภูเก็ต นั้น

ทางคณะกรรมการดำเนินงานจะส่งบทความดังกล่าวไปยังวารสาร Advance Materials Research เพื่อเข้าสู่กระบวนการตีพิมพ์ของวารสารดังกล่าวและคาดว่าจะเสร็จสิ้นภายในเดือนกันยายน ๒๕๕๘ ซึ่งทางคณะกรรมการจัดงานจะแจ้งให้ท่านทราบต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

ศาสตราจารย์ อกิรัฐ ศิริธราธิวัตร
ประธานคณะกรรมการจัดการประชุม iEECON๒๐๑๕

Optimal Placement of Distributed Generation using Bacterial Foraging Optimization Algorithm

Parichart Sodsri^{1, a}, Bongkoj Sookananta^{1, b} and Mongkol Pusayatanont^{1, c}

¹ Department of Electrical and Electronics Engineering, Ubon Ratchathani University, Thailand

85 Satholamark Rd., Warin Chamrap, Ubon Ratchathani 34190 Tel: +66 45 353330

^aemail: parichart.so.53@ubu.ac.th, ^bemail: bongkoj.s@ubu.ac.th, ^cemail: mongkol.p@ubu.ac.th

Keywords: Distributed generation, optimal placement, bacterial foraging optimization

Abstract. This paper presents the determination of the optimal distributed generation (DG) placement using bacterial foraging optimization algorithm (BFOA). The BFO mimics the seeking-nutrient behavior of the *E. coli* bacteria. It is utilized here to find the location and size of the DG installation in radial distribution system in order to obtain minimum system losses. The operation constraints include bus voltage limits, distribution line thermal limits, system power balance and generation power limits. The algorithm is tested on the IEEE 33 bus system. The result shows that the algorithm could be used as an alternative to the other techniques and improvement of the algorithm is required for acceleration and better accuracy of the calculation.

Introduction

Due to limitation of the fossil fuel quantity, many countries launch policy for supporting utilization of the renewable energy. There are many kinds of generation technology which employ the renewable resources such as wind, solar, biomass and biogas. Most of these technologies tend to operate in a small scale. Therefore, the generation is to connect with the distribution system and so called distributed generation (DG). In Thailand, utilization of the DG is supported by government policy. The highest number of DG in Thai distribution system is the biomass technology [1].

It is known that the DG can help to reduce the utilization of fossil fuel, environmental impact and electrical line power losses. It also helps to improve power system voltage profile [2]. Unfortunately, installation at unsuitable location and size of the DG could cause effect in the opposite way such as increase of electrical line power losses. Therefore, suitable or optimal location and size of the DG are important and should be well planned before commission.

As the optimal placement of the DG is topical research, there are many proposed methods with different consideration of the system conditions. The tabu search (TS) is used to find the DG placement in the distribution system models in which industrial, commercial and residential loads coexist [3]. It is found that the behavior of loads affects the optimal location of the DG. In [4] an artificial bee colony (ABC) algorithm is utilized. In [5], the analytical method is proposed both of size and power factor on the optimal placement of DG.

In this paper, the bacterial foraging optimization algorithm (BFOA) is used to find the optimal placement of the DG which the most applications are in the field of control system. The BFOA has advantage in the adaptive seeking. It can also be used in non-adaptive seeking which is applied in this paper and to be developed for better results in the future work.

Problem Formulation

In determination of the optimal placement of the DG, the power flow calculation is required. In this paper, the newton-raphson method is used to solve the power flow equations and the objective of the problem is to

$$\text{Minimize } P_L = \sum_{i=1, j=2}^n I_{ij}^2 R_{ij} \quad : j \neq i \quad (1)$$

Subject to

$$V_i^{\min} \leq V_i \leq V_i^{\max} \quad (2)$$

$$P_{ij} \leq P_{ij}^{\max} \quad (3)$$

$$P_{DG}^{\min} \leq P_{DG} \leq P_{DG}^{\max} \quad (4)$$

$$Q_{DG}^{\min} \leq Q_{DG} \leq Q_{DG}^{\max} \quad (5)$$

$$P_{supply} = P_D + P_L \quad (6)$$

where

n is the number of bus in the system, P_L is system power losses, i is bus number, j is bus number connecting to bus i , I_{ij} is current flow from bus i to bus j , R_{ij} is the resistance of line connecting bus i to bus j , V_i is voltage at bus i , P_{DG} is real power generated by DG, P_{DG}^{\min} is minimum real power generated by DG, P_{DG}^{\max} is maximum real power generated by DG, Q_{DG} is reactive power generated by DG, Q_{DG}^{\min} is minimum reactive power generated by DG, Q_{DG}^{\max} is maximum reactive power generated by DG, P_{ij}^{\max} is maximum real power flow from bus i to bus j , P_{ij} is real power flow from bus i to bus j , P_{supply} is the total power supply from grid and DG, P_D is total demand in the system.

Bacterial Foraging Optimization Algorithm (BFOA)

The BFOA is a later optimization technique of the nature-inspired algorithm proposed in 2002. It mimics the social foraging behavior of *E. coli* bacteria. It is based on assumption that the bacteria are foraging by searching for and obtaining nutrients in a way that maximizes their energy. They can move freely in all direction and tend to avoid noxious environment and move toward nutrient gradient. In natural selection, the animals with poor foraging strategies are tended to be eliminated. Therefore, the bacterial foraging strategies consist of 4 main activities. They are chemotaxis, swarming, reproduction and, elimination and dispersal [6].

Chemotaxis Chemotaxis is a process that simulates the two different movement of *E. coli* bacteria. It can swim in the same direction in a period of time or tumble to change direction of movement. The movement is represented by

$$\theta_k(\ell+1) = \theta_k(\ell) + C_k \frac{\Delta_k}{\sqrt{\Delta_k^T \Delta_k}} \quad (7)$$

Where $\theta_k(\ell)$ is the position of the k -th bacterium at the ℓ -th chemotactic.

C_k is the step size of bacterium movement.

Δ_k is a vector in the random direction whose elements lie in $[-1, 1]$.

Swarming Swarming is a group behavior of bacteria. The cells when stimulated by a high level of succinate, release an attractant aspartate, which helps them to aggregate into groups and thus move as concentric patterns of swarms with high bacterial density.

Reproduction In the reproduction process, the least healthy bacteria die while each of the healthier bacteria split into two bacteria, located in the same location.

Elimination and Dispersal In nature, sudden change to the location environment of the bacteria may occur due to various reasons such as temperature rise. Therefore, some bacteria are killed and some are dispersed into a new location.

In this paper, the BFOA is applied to the optimal placement of DG problem. The algorithm is proceeded by the following step of calculation.

Step 1: set BFOA parameter values.

Step 2: read distribution system data.

Step 3: random initial location of the bacteria (bus number of DG installation and P delivery).

Step 4: calculate corresponding system power losses to the system with DG in step 3.

- Step 5: record minimum losses found in this iteration of calculation.
- Step 6: random movement direction of bacteria and calculate the new locations.
- Step 7: calculate corresponding system power losses to the system with DG in step 6 and the bacteria at location provides lower losses compared to value in Step 4 continue their movement in the same direction, otherwise stop their movement.
- Step 8: repeat Step 4 to Step 7 until iteration of chemotaxis process is met.
- Step 9: sort bacteria by their health, the one with lower power losses is healthier.
- Step 10: the second half of worst healthy bacteria is get rid of and the first half of healthier bacteria is reproduced at their old locations.
- Step 11: randomly eliminate the bacteria by a certain probability and the eliminated one is dispersed into new random location.
- Step 12: repeat Step 4 to Step 11 until the maximum iteration of elimination and dispersal process is met.

Numerical example

The application of BFOA to the optimal DG problem is tested on the IEEE-33 bus test system as shown in Figure 1. The real and reactive power demands of the system are 3.72 MW and 2.3 MVar respectively. The system data including loads and line impedances can be found in [7]. Bus number 1 is a grid connection point which, in this calculation, taken as a slack with 1.0 pu. of voltage.

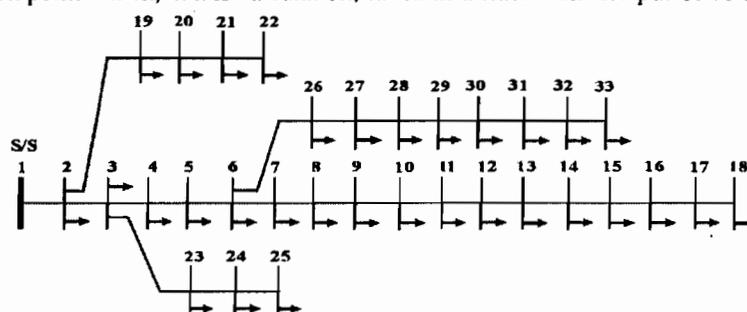


Figure 1. The IEEE-33 bus test system.

In this paper, the number of bacteria and chemotaxis iterations are 20 equally. The numbers of swimming length and reproduction iterations are 4 equally. The number of elimination and dispersal iterations is 2 and the probability of elimination and dispersal is 0.25. To compare with the results from selected literature, the DG is operated in unity power factor. In practical, the power plants that can operate in unity pf are solar and thermal such as biomass and biogas. The BFOA is used to determine the optimal location and size of the DG as the results are shown in Table 1.

Table 1. The optimal location and size of the unity power factor DG in the IEEE 33-bus system

Particulars	Analytical [8]	PSO [9]	GA [10]	BFOA
Optimal Location for DG Placement	Bus 6	Bus 12	Bus 6	Bus 6
Optimal DG Size (MVA)	2.49	2.4939	2.38	2.5862
Base case Loss (kW)	211.20	221.43	216.00	202.69
Loss with DG (kW)	111.24	116.27	132.64	103.98
Loss Saving (kW)	99.96	105.16	83.36	98.71
Percentage Loss Reduction	47.33	47.49	35.59	48.70

The voltage constraints taken in this case are $\pm 5\%$. Before and after installation of the DG, the bus voltage magnitudes are shown in Figure 2.

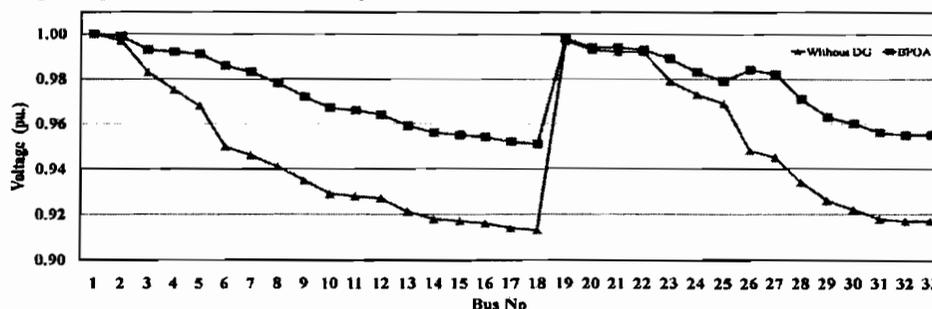


Figure 2. Bus voltage for unity power factor DG on the 33 bus system.

From the results shown in Table 1, installation of the unity power factor DG at bus 6 provides lowest system losses. Due to slightly different values of losses from the different works, the comparison is made by using the percentage of loss reduction. The result obtained in this paper is slightly better than that obtained in the literature. The optimal size of the DG is 2.5862 MVA which precision depends on step size of the bacterial movement and after installation of the DG, the system voltage profile is also improved as seen in figure 2.

Summary

The bacterial foraging optimization algorithm is applied to the optimal placement of the DG. Bus number of installation and size of the DG are determined. As the size can be varied continuously, the precision of the determined size is dependent on the step size of the bacterial movement. It is found that the method is alternative to the other methods proposed in the literature. The method can improve to get better performance with their adaptive searching in the future work.

References

- [1] Information on www.eppo.go.th
- [2] S.R.A. Rahim, T.K.A. Rahman, I. Musirin, M.H. Hussain, M.H. Sulaiman, O. Aliman, Z.M. Isa, Implementation of DG for loss minimization and voltage profile in distribution system, The 4 th Int. Power Eng. and Opt. Conf. (PEOCO2010). (2010) 490-494.
- [3] K. Nara, Y. Hayashi, K. Ikeda, T. Ashizawa, Application of tabu search to optimal placement of distributed generators, IEEE Power Eng. Soc. Winter Meet. 2 (2001) 918-923.
- [4] F.S. Abu-Mouti, M.E. El-Hawar, Optimal distributed generation allocation and sizing in distribution systems via artificial bee colony algorithm, IEEE Trans. on Power Del. 26 (2011) 2090-2101.
- [5] D.Q. Hung, N. Mithulanathan, R.C. Bansal, Analytical expressions for DG allocation in primary distribution networks, IEEE Trans. on energy conv. 25 (2010) 814-820.
- [6] K.M. Passino, Biomimicry of bacterial foraging for distributed optimization and control, IEEE Control Syst. Mag. 22 (2002) 52-67.
- [7] M.E. Baran, F.F. Wu, Network reconfiguration in distribution systems for loss reduction and load balancing, IEEE Trans. on Power Del. 4 (1989) 1401-1407.
- [8] N. Acharya, P. Mahat, N. Mithulanathan, An analytical approach for DG allocation in primary distribution network, Electr. Power Energy Syst. 28 (2006) 669-678.
- [9] W. Krueasuk, W. Ongsakul, Optimal placement of distributed generation using particle swarm optimization, In proc. of the 2006 Australian Universities Power Eng. Conf. (AUPEC). (2006)
- [10] T.N. Shukla, S.P. Singh, K.B. Naik, Allocation of optimal distributed generation using GA for minimum system losses in radial distribution networks, Int. J. Eng., Sci. Tech. 2 (2010) 94-106.

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	นางสาวปาริชาติ สอดศรี
ประวัติการศึกษา	พ.ศ.2539-2542 มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
ประวัติการทำงาน	พ.ศ. 2544-2547 กองแผนงานและปฏิบัติการ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เขต 1 ภาค 2 จังหวัดอุดรธานี พ.ศ. 2547-2557 กองแผนงานและปฏิบัติการ ฝ่ายปฏิบัติการเครือข่าย การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เขต 2 ภาค 2 จังหวัดอุบลราชธานี พ.ศ. 2558-ปัจจุบัน กองวิศวกรรมและวางแผน ฝ่ายวิศวกรรมและบริการ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เขต 2 ภาค 2 จังหวัดอุบลราชธานี
ตำแหน่ง สถานที่ทำงานปัจจุบัน	หัวหน้าแผนกแผนที่ระบบไฟฟ้า กองวิศวกรรมและวางแผน ฝ่ายวิศวกรรมและบริการ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เขต 2 ภาค 2 จังหวัดอุบลราชธานี โทรศัพท์ (045) 242434-6 ต่อ 10114

