การวางแผนเพื่อยกระดับเสถียรภาพแรงดันสำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้า ในพื้นที่จังหวัดจันทบุรี

VOLTAGE STABILITY ENHANCEMENT PLANNING FOR POWER DISTRIBUTION SYSTEM IN CHANTHABURI PROVINCE

ดนัย ทองธวัช

DANAI THONGTAWAT

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

พ.ศ. 2554

การวางแผนเพื่อยกระดับเสถียรภาพแรงดันสำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้า ในพื้นที่จังหวัดจันทบุรี

ดนัย ทองธวัช

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
พ.ศ.2554

VOLTAGE STABILITY ENHANCEMENT PLANNING
FOR POWER DISTRIBUTION SYSTEM IN CHANTHABURI PROVINCE

DANAI THONGTAWAT

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILMENT OF THE REQUIREMENTS FOR
THE DEGREE OF MASTER OF ENGINEERING
IN ELECTRICAL ENGINEERING DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING
FACULITY OF ENGINEERING
RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY THANYABURI
2011

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นงานวิจัยที่เกิดจากการค้นคว้าและวิจัย ขณะที่ข้าพเจ้าศึกษาอยู่ใน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ดังนั้นงานวิจัยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ถือเป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี และข้อความต่างๆในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอรับรองว่าไม่มีการคัดลอกหรือนำงานวิจัยของผู้อื่นมานำเสนอในชื่อของข้าพเจ้า

นายดนัย ทองธวัช

COPYRIGHT © 2011 ลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2554
FACULTY OF ENGINEERING คณะวิศวกรรมศาสตร์
RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY THANYABURI มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การวางแผนเพื่อยกระดับเสถียรภาพแรงดันสำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้าในจังหวัดจันทบุรี VOLTAGE STABILITY ENHANCEMENT PLANNING FOR POWER DISTRIBUTION SYSTEM IN CHANTHABURI PROVINCE
ชื่อนักศึกษา	นายดนัย ทองธวัช
รหัสประจำตัว	114970402005-0
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ดร. กฤษณ์ชนม์ ภูมิกิตติพิชญ์
วัน เดือน ปี ที่สอบ	26 กุมภาพันธ์ 2554
สถานที่สอบ	ห้องประชุมชมพูพันธุ์ทิพย์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ประมุข อุณหเลขกะ)

....กรรมการ

(ดร. บุญยัง ปลั่งกลาง)

....กรรมการ

(ดร. สุรินทร์ แหงมงาม)

....กรรมการ

(ดร. กฤษณ์ชนม์ ภูมิกิตติพิชญ์)

....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมหมาย ผิวสอาด)

คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การวางแผนเพื่อยกระดับเสถียรภาพแรงดันสำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้าในพื้นที่จังหวัดจันทบุรี
นักศึกษา	นายดนัย ทองธวัช
รหัสประจำตัว	114970402005-0
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
ปีการศึกษา	2553
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	ดร.กฤษณ์ชนม์ ภูมิกิตติพิชญ์

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์นี้ศึกษาการยกระดับและปรับปรุงเสถียรภาพแรงดันไฟฟ้าในระบบจำหน่ายพิกัดแรงดัน 22 kV ของจังหวัดจันทบุรี โดยใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์เข้ามาช่วยในการหาขนาด และตำแหน่งการติดตั้งที่เหมาะสมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก เพื่อช่วยยกระดับและปรับปรุงเสถียรภาพแรงดันไฟฟ้าในระบบจำหน่ายไฟฟ้า

การวิเคราะห์ข้อมูลจริงของระบบจำหน่ายไฟฟ้าขนาดพิกัดแรงดัน 22 kV ของพื้นที่จังหวัดจันทบุรี เพื่อหาจุดที่มีโอกาสทำให้ระบบขาดเสถียรภาพได้ง่าย โดยจะแบ่งพื้นที่การศึกษาออกเป็น 6 ส่วน ได้แก่อำเภอเมือง อำเภอท่าใหม่ อำเภอแก่งหางแมว อำเภอขลุง และอำเภอแหลมสิงห์ จากนั้นทำการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าในระบบเพื่อหากำลังสูญเสียในระบบจำหน่ายไฟฟ้าในแต่ละระบบ และนำข้อมูลที่ได้มาหาขนาด และตำแหน่งที่เหมาะสมในการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กโดยวิธีกลุ่มอนุภาค จากผลการศึกษาพบว่าวิธีกลุ่มอนุภาคสามารถช่วยหาขนาด และตำแหน่งการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กเข้าในระบบได้เร็วกว่าวิธีการอื่น โดยผลการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กเข้ากับระบบจำหน่ายไฟฟ้าในแต่ละระบบสามารถลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียลงได้ประมาณ 50 % และในภาพรวมของระบบจำหน่ายไฟฟ้าจังหวัดจันทบุรีนั้น เมื่อมีการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กแล้วสามารถช่วยลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบลงได้ 20 %

การติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กเข้ากับระบบจำหน่ายไฟฟ้าในตำแหน่งที่เหมาะสมนั้นนอกจากจะช่วยลดกำลังไฟฟ้าที่สูญเสียในระบบแล้ว ยังสามารถช่วยยกระดับแรงดันในระบบให้สูงขึ้น และยังทำให้ระบบสามารถจ่ายโหลดได้มากขึ้นอีกด้วย ผลจากการศึกษาสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการหาขนาด และตำแหน่งติดตั้งทีเหมาะสมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กเข้ากับระบบไฟฟ้าจริงในพื้นที่อื่นๆได้ต่อไป

คำสำคัญ : เสถียรภาพแรงดันไฟฟ้า, เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก, ระบบจำหน่ายไฟฟ้า

Thesis Title :	VOLTAGE STABILITY ENHANCEMENT PLANNING FOR POWER DISTRIBUTION SYSTEM IN CHANTHABURI PROVINCE
Student Name :	Mr.Danai Thongtawat
Student ID :	114970402005-0
Degree Award :	Master of Engineering
Study Program :	Electrical Engineering
Year of Achievement :	2010
Thesis Advisor :	Dr. Krischonme Bhumkittipich

ABSTRACT

This thesis studies on voltage stability enhancement for 22 kV power distribution system in Chanthaburi province by installing distributed generators. The appropriate size and location of the distributed generators were calculated by using mathematical methods.

Chanthaburi's 22 kV power system can be divided into 6 areas which are Muang district, Tha Mai district, Kaeng Hang Maew district, Soi dao, Khlung district and Laem Singh district. Power flow and power losses in each area were computed to estimate the optimal size and location of the generators by using particle swamp optimization methodology. The result shown that proposed installing generators could reduce the losses approximately 50% for each area and decrease losses in Chanthaburi's 22 kV power system by 20%.

Moreover, this solution is not only able to cut down power losses in the system but also enhancing the voltage stability as well as increasing load capability.

Keyword : Voltage Stability, Distribution Generator, Power Distribution System

กิตติกรรมประกาศ

การทำวิทยานิพนธ์นี้ได้สำเร็จลุล่วงผ่านไปด้วยดี ข้าพเจ้าต้องขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา ดร.กฤษณ์ชนม์ ภูมิกิตติพิชญ์ ที่คอยดูแลเอาใจใส่ข้าพเจ้าเป็นอย่างดีตลอดมา ขอขอบพระคุณอาจารย์พร้อมศักดิ์ อภิรติกุล ที่เป็นผู้จุดประกายในการศึกษาต่อในระดับบัณฑิตศึกษา และขอขอบพระคุณคณาจารย์ในภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ทุกท่านที่ได้ประสิทธ์ประสาทวิชาให้กับข้าพเจ้า ขอบคุณพี่ๆน้องๆในศูนย์วิจัยระบบไฟฟ้ากำลังและพลังงานที่ช่วยเป็นกำลังใจให้ตลอดมา ขอขอบคุณพี่พัฒนชาติ แก้วแกมเงิน และการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเขต 2 จังหวัดชลบุรี ที่ได้เอื้อเฟื้อข้อมูลระบบไฟฟ้าจังหวัดจันทบุรีที่ใช้ในวิทยานิพนธ์นี้ ขอขอบพระคุณอาจารย์ประหยัด กองสุข หัวหน้าสาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตจันทบุรี ที่คอยเอาใจช่วย และคอยกระตุ้นในการทำวิทยานิพนธ์ตลอดมา

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณพ่อเชวงศักดิ์ คุณแม่ศิริรัตน์ ทองธวัช ที่เป็นกำลังใจ และให้การสนับสนุนในการศึกษาครั้งนี้

ดนัย ทองธวัช

26 กุมภาพันธ์ 2554

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
คำอธิบายสัญลักษณ์ และคำย่อ	ญ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์	2
1.3 สมมุติฐาน	2
1.4 ขอบเขต	2
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
1.6 ข้อจำกัด	3
1.7 ลักษณะรายละเอียด	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.2 ข้อมูลเบื้องต้นจังหวัดจันทบุรี	6
2.3 เสถียรภาพของระบบไฟฟ้า	7
2.4 คาปาซิเตอร์	11
2.5 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก	16
2.6 วิธีกลุ่มอนุภาค	18
2.7 สรุป	22
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย	23
3.1 การวิเคราะห์การไหลของกำลังไฟฟ้าในระบบจำหน่าย	23
3.2 ระบบจำหน่ายทดสอบ IEEE 33 BUS	27
3.3 การหาขนาด และตำแหน่งติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กโดยวิธีกลุ่มอนุภาค	32
3.4 สรุป	34

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการทดลอง	35
4.1 ระบบจำหน่ายไฟฟ้าอำเภอท่าใหม่	35
4.2 ระบบจำหน่ายไฟฟ้าอำเภอขลุง	40
4.3 ระบบจำหน่ายไฟฟ้าอำเภอแก่งหางแมว	45
.4 ระบบจำหน่ายไฟฟ้าอำเภอเมือง	50
4.5 ระบบจำหน่ายไฟฟ้าอำเภอสอยดาว	55
4.6 ระบบจำหน่ายไฟฟ้าอำเภอแหลมสิงห์	59
4.7 ระบบจำหน่ายไฟฟ้าจังหวัดจันทบุรี	64
4.8 สรุป	68
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	70
5.1 สรุปผลการวิจัย	70
5.2 ข้อเสนอแนะ	70
เอกสารอ้างอิง	72
ภาคผนวก	
ก โปรแกรมที่ใช้ในการคำนวณ	74
ข ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่	82
ประวัติผู้เขียน	108

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 ผลการคำนวณหาขนาดและตำแหน่งติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กในระบบทดสอบ	30
4.1 ขนาด และตำแหน่งติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำหรับอำเภอท่าใหม่	37
4.2 ขนาด และตำแหน่งติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำหรับอำเภอขลุง	42
4.3 ขนาด และตำแหน่งติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำหรับอำเภอแก่งหางแมว	47
4.4 ขนาด และตำแหน่งติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำหรับอำเภอเมือง	52
4.5 ขนาด และตำแหน่งติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำหรับอำเภอสอยดาว	57
4.6 ขนาด และตำแหน่งติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำหรับอำเภอแหลมสิงห์	61
4.7 ขนาด และตำแหน่งติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำหรับจังหวัดจันทบุรี	66
4.8 ผลการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่อำเภอต่างๆ	68

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แผนที่จังหวัดจันทบุรี	6
2.2 การจำแนกเสถียรภาพของระบบไฟฟ้า	11
2.3 โครงสร้างพื้นฐานของคาปาซิเตอร์	12
2.4 (ก) วงจรสมมูลก่อนและ (ข) หลังการติดตั้งคาปาซิเตอร์	12
2.5 (ก) เฟสเซอร์ไดอะแกรมของแรงดันก่อนและ (ข) หลังติดตั้งคาปาซิเตอร์	12
2.6 คาปาซิเตอร์แบบคงที่	13
2.7 คาปาซิเตอร์แบบปรับค่า	14
2.8 การเคลื่อนที่ของฝูงนกและฝูงปลา	19
2.9 การเปลี่ยนตำแหน่งของกลุ่มอนุภาค	19
2.10 ขั้นตอนการคำนวณหาคำตอบโดยวิธีกลุ่มอนุภาค	22
3.1 ขั้นตอนการวิเคราะห์การไหลของกำลังไฟฟ้าโดยวิธี Forward/Backward Sweep	24
3.2 การจัดลำดับสายส่ง	25
3.3 กระแสในระบบจำหน่ายแต่ละช่วง	26
3.4 การคำนวณแรงดันของระบบโดยวิธี Forward Sweep	27
3.5 ระบบทดสอบ IEEE 33 BUS	28
3.6 กำลังไฟฟ้าจริงที่สูญเสียในระบบ	28
3.7 กำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟที่สูญเสียในระบบ	29
3.8 แรงดันไฟฟ้าในระบบ	29
3.9 กำลังไฟฟ้าจริงที่สูญเสียในระบบหลังติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	30
3.10 กำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟที่สูญเสียในระบบหลังติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	31
3.11 แรงดันไฟฟ้าในระบบหลังติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	31
3.12 การหาขนาด และตำแหน่งติดตั้งที่เหมาะสมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก	33
4.1 ระบบจำหน่าย 22 kV เขตอำเภอท่าใหม่	35
4.2 กำลังไฟฟ้าจริงที่สูญเสียในระบบจำหน่ายท่าใหม่	36
4.3 กำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟที่สูญเสียในระบบจำหน่ายท่าใหม่	36
4.4 แรงดันไฟฟ้าที่บัสต่างๆ ในระบบจำหน่ายอำเภอท่าใหม่	37
4.5 กำลังไฟฟ้าจริงที่สูญเสียในระบบจำหน่ายอำเภอท่าใหม่หลังปรับปรุงระบบ	38
4.6 กำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟที่สูญเสียในระบบจำหน่ายอำเภอท่าใหม่หลังปรับปรุงระบบ	38
4.7 แรงดันไฟฟ้าที่บัสต่างๆ ในระบบจำหน่ายอำเภอท่าใหม่หลังปรับปรุงระบบ	39

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.8 ระบบจำหน่ายไฟฟ้า 22 kV เขตอำเภอขลุง 40

4.9 กำลังไฟฟ้าจริงที่สูญเสียในระบบจำหน่ายเขตอำเภอขลุง 41

4.10 กำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟที่สูญเสียในระบบจำหน่ายเขตอำเภอขลุง 41

4.11 แรงดันไฟฟ้าที่บัสต่างๆในระบบจำหน่ายอำเภอขลุง 42

4.12 กำลังไฟฟ้าจริงที่สูญเสียในระบบจำหน่ายเขตอำเภอขลุงหลังปรับปรุงระบบ 43

4.13 กำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟที่สูญเสียในระบบจำหน่ายเขตอำเภอขลุงหลังปรับปรุงระบบ 43

4.14 แรงดันไฟฟ้าที่บัสต่างๆในระบบจำหน่ายอำเภอขลุงหลังปรับปรุงระบบ 44

4.15 ระบบจำหน่ายไฟฟ้าเขตอำเภอแก่งหางแมว 45

4.16 กำลังไฟฟ้าจริงที่สูญเสียในระบบจำหน่ายเขตอำเภอแก่งหางแมว 46

4.17 กำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟที่สูญเสียในระบบจำหน่ายเขตอำเภอแก่งหางแมว 46

4.18 แรงดันไฟฟ้าที่บัสต่างๆในระบบจำหน่ายอำเภอแก่งหางแมว 47

4.19 กำลังไฟฟ้าจริงที่สูญเสียในระบบจำหน่ายเขตอำเภอแก่งหางแมวหลังปรับปรุงระบบ 48

4.20 กำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟที่สูญเสียในระบบจำหน่ายเขตอำเภอแก่งหางแมวหลังปรับปรุงระบบ 48

4.21 แรงดันไฟฟ้าที่บัสต่างๆในระบบจำหน่ายอำเภอแก่งหางแมวหลังปรับปรุงระบบ 49

4.22 ระบบจำหน่ายไฟฟ้า 22 kV เขตอำเภอเมือง 50

4.23 กำลังไฟฟ้าจริงที่สูญเสียในระบบจำหน่ายเขตอำเภอเมือง 51

4.24 กำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟที่สูญเสียในระบบจำหน่ายเขตอำเภอเมือง 51

4.25 แรงดันไฟฟ้าที่บัสต่างๆในระบบจำหน่ายอำเภอเมือง 52

4.26 กำลังไฟฟ้าจริงที่สูญเสียในระบบจำหน่ายเขตอำเภอเมืองหลังปรับปรุงระบบ 53

4.27 กำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟที่สูญเสียในระบบจำหน่ายเขตอำเภอเมืองหลังปรับปรุงระบบ 53

4.28 แรงดันไฟฟ้าที่บัสต่างๆในระบบจำหน่ายอำเภอเมืองหลังปรับปรุงระบบ 54

4.29 ระบบจำหน่ายไฟฟ้า 22 kV เขตอำเภอสอยดาว 55

4.30 กำลังไฟฟ้าจริงที่สูญเสียในระบบจำหน่ายเขตอำเภอสอยดาว 56

4.31 กำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟที่สูญเสียในระบบจำหน่ายเขตอำเภอสอยดาว 56

4.32 แรงดันไฟฟ้าที่บัสต่างๆในระบบจำหน่ายอำเภอสอยดาว 57

4.33 กำลังไฟฟ้าจริงที่สูญเสียในระบบจำหน่ายเขตอำเภอสอยดาวหลังปรับปรุงระบบ 58

4.34 กำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟที่สูญเสียในระบบจำหน่ายเขตอำเภอสอยดาวหลังปรับปรุงระบบ 58

4.35 แรงดันไฟฟ้าที่บัสต่างๆในระบบจำหน่ายอำเภอสอยดาวหลังปรับปรุงระบบ 59

4.36 ระบบจำหน่ายไฟฟ้า 22 kV เขตอำเภอแหลมสิงห์ 59

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.37 กำลังไฟฟ้าจริงที่สูญเสียในระบบจำหน่ายเขตอำเภอแหลมสิงห์ 60

4.38 กำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟที่สูญเสียในระบบจำหน่ายเขตอำเภอแหลมสิงห์ 60

4.39 แรงดันไฟฟ้าที่บัสต่างๆในระบบจำหน่ายอำเภอสิงห์ 61

4.40 กำลังไฟฟ้าจริงที่สูญเสียในระบบจำหน่ายเขตอำเภอแหลมสิงห์หลังปรับปรุงระบบ 62

4.41 กำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟที่สูญเสียในระบบจำหน่ายเขตอำเภอแหลมสิงห์หลังปรับปรุงระบบ 62

4.42 แรงดันไฟฟ้าที่บัสต่างๆในระบบจำหน่ายอำเภอแหลมสิงห์หลังปรับปรุงระบบ 63

4.43 ระบบจำหน่ายไฟฟ้า 22 kV จังหวัดจันทบุรี 64

4.44 กำลังไฟฟ้าจริงที่สูญเสียในระบบจำหน่ายจังหวัดจันทบุรี 65

4.45 กำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟที่สูญเสียในระบบจำหน่ายจังหวัดจันทบุรี 65

4.46 แรงดันไฟฟ้าที่บัสต่างๆในระบบจำหน่ายจังหวัดจันทบุรี 66

4.47 กำลังไฟฟ้าจริงที่สูญเสียในระบบจำหน่ายเขตจังหวัดจันทบุรีหลังปรับปรุงระบบ 67

4.48 กำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟที่สูญเสียในระบบจำหน่ายจังหวัดจันทบุรีหลังปรับปรุงระบบ 67

4.49 แรงดันไฟฟ้าที่บัสต่างๆในระบบจำหน่ายจังหวัดจันทบุรีหลังปรับปรุงระบบ 68

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

สัญลักษณ์	ความหมาย
c_1, c_2	ค่าคงที่
$gbest_d$	ตำแหน่งที่ดีที่สุดในทุกๆ อนุภาคของตัวแปร d
I	กระแสโหลด
I_C	กระแสไหลผ่านส่วนที่เป็นความต้านทานตัวเก็บประจุ
I_L	กระแสไหลผ่านส่วนที่เป็นความต้านทานขดลวด
I_R	กระแสไหลผ่านส่วนที่เป็นความต้านทาน
J_L^k	กระแสในสายส่งช่วง L
k	รอบการคำนวณทั้งหมด
L_1	บัสต้นทาง
L_2	บัสปลายทาง
n_1, n_2	ตัวเลขสุ่มระหว่าง 0 ถึง 1
P	กำลังไฟฟ้าจริงของโหลด
P_1, P_2	กำลังไฟฟ้าจริงของโหลดก่อนและหลังติดตั้งคาปาซิเตอร์
$pbest_{id}$	ตำแหน่งที่ดีที่สุดของอนุภาค i ของตัวแปร d
P_{Di}	กำลังไฟฟ้าจริงที่ต้องการในบัส i
P_{DGi}	กำลังไฟฟ้าจริงของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่บัส i
P_i	กำลังไฟฟ้าจริงที่จ่ายให้กับบัส i
P_L	กำลังไฟฟ้าจริงที่สูญเสียในระบบ
P_{L1}, P_{L2}	กำลังไฟฟ้าสูญเสียก่อนและหลังติดตั้งคาปาซิเตอร์
p_{id}^t	ตำแหน่งของอนุภาคที่ i ของตัวแปร d ในรอบการคำนวณที่ t
p_{id}^{t+1}	ตำแหน่งของอนุภาคที่ i ของตัวแปร d ในรอบการคำนวณที่ $t+1$
Q_i	กำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟที่จ่ายให้กับบัส i
R	ความต้านทานของสายป้อน
R_{ij}	ความต้านทานของสายส่งระหว่างบัส i และ j
S_i	กำลังไฟฟ้าที่โหนด i $(S_i = P_i \pm jQ_i)$
t	รอบการคำนวณปัจจุบัน
T_D	สัมประสิทธิ์กำลังบิดการหน่วง
$T_D\Delta\omega$	กำลังบิดการหน่วง
T_S	สัมประสิทธ์กำลังบิดซิงโครไนซ์

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ(ต่อ)

สัญลักษณ์	ความหมาย
$T_S \Delta\delta$	กำลังบิดซิงโครไนซ์
V	แรงดันตกคร่อมโหลด
V_1, V_2	แรงดันตกคร่อมโหลดก่อนและหลังติดตั้งคาปาซิเตอร์
V_i	แรงดันไฟฟ้าที่บัส i
$V_i^{(k-1)}$	แรงดันที่โหนด i รอบคำนวณที่ $k-1$
v_{id}^{t+1}	ความเร็วในการเปลี่ยนตำแหน่งของอนุภาคที่ i ของตัวแปร d ในรอบการคำนวณที่ $t+1$
v_{id}^{t}	ความเร็วในการเปลี่ยนตำแหน่งของอนุภาคที่ i ของตัวแปร d ในรอบการคำนวณที่ t
V_{L1}^k	แรงดันที่บัสต้นทาง
V_j^k, V_j^{k-1}	แรงดันที่บัส j ในรอบคำนวณที่ k และ $k-1$
w	ค่าถ่วงน้ำหนัก
$w_{\max}$	ขอบเขตบนของค่าถ่วงน้ำหนัก
$w_{\min}$	ขอบเขตล่างของค่าถ่วงน้ำหนัก
X	ความต้านทานขดลวดของสายป้อน
X_i	ค่ารีแอคแตนซ์ที่บัส i
X_C	ความต้านทานตัวเก็บประจุของสายป้อน
X_L	ความต้านทานขดลวดของสายป้อน
Y_i	ค่าแอดมิดแตนซ์ที่บัส i
Z_L	ค่าอิมพีแดนซ์สายส่งระหว่างโหนด L_1, L_2
ϕ	มุมของตัวประกอบกำลัง
ϕ_1, ϕ_2	มุมของตัวประกอบกำลังของโหลดก่อนและหลังติดตั้งคาปาซิเตอร์
δ_i	มุมทางไฟฟ้าที่บัส i
ΔT_e	กำลังบิดทางไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงในระบบไฟฟ้า
ΔV_j^k	ค่าความคลาดเคลื่อนของแรงดันที่ยอมรับได้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันการใช้พลังงานไฟฟ้าของประเทศไทยได้เพิ่มสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับอดีตที่ผ่านมา เนื่องจากการเจริญเติบโตของเศรษฐกิจ และอุตสาหกรรมของประเทศไทย จึงต้องมีการขยายขีดความสามารถของการผลิต และการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า เพื่อให้สามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภคไฟฟ้า [1]

การติดตั้งแหล่งจ่ายย่อยหรือเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก (Small Distributed Generators, DGs) ในระบบจำหน่ายไฟฟ้ามีเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในปัจจุบัน ตามนโยบายการพัฒนาพลังงานอย่างยั่งยืนของประเทศ [2] โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่เมืองและชนบทห่างไกลที่มีปัญหาและกำลังการสูญเสียมาก สำหรับประเทศไทยได้แบ่งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กออกเป็น 3 ระดับคือ 1. ผู้ผลิตไฟฟ้าอิสระ หรือ Independent Power Producer (IPP) สามารถจ่ายพลังงานได้มากกว่า 90 MW 2. ผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก หรือ Small Power Producer (SPP) สามารถจ่ายพลังงานได้ระหว่าง 10 ถึง 90 MW 3. ผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก หรือ Very Small Power Producer (VSPP) สามารถจ่ายพลังงานได้น้อยกว่า 10 MW การติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กนอกจากจะติดตั้งเพื่อเพิ่มกำลังไฟฟ้าให้กับระบบแล้ว ยังเป็นการลดกำลังสูญเสียในระบบไฟฟ้าได้อีกด้วย

การศึกษาครั้งนี้นำเสนอการเลือกตำแหน่งการติดตั้งและขนาดของเครื่องกำเนิดที่เหมาะสมเพื่อแก้ปัญหาเกี่ยวกับการสูญเสียของระบบและเสถียรภาพของแรงดันเป็น ประโยชน์อีกอย่างหนึ่งคือเมื่อติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก แล้วยังสามารถเพิ่มขีดความสามารถในการจ่ายโหลดให้กับระบบได้อีกด้วย เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กสามารถพิจารณาเหมือนกับเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาการสูญเสียมากของระบบไฟฟ้า ความเชื่อถือได้ และคุณภาพไฟฟ้า ดังนั้นจึงจำเป็นต้องวิเคราะห์หาตำแหน่งและขนาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบจำหน่ายให้ดี

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหาความเสถียรภาพของแรงดันไฟฟ้าในระบบจำหน่าย โดยใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์คือวิธีกลุ่มอนุภาคเข้ามาช่วยในการแก้ปัญหา โดยมีการวิเคราะห์การไหลของกำลังไฟฟ้าในระบบ และนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาขนาด และตำแหน่งในการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กเข้ากับระบบจำหน่ายไฟฟ้า เพื่อช่วยแก้ปัญหาความเสถียรภาพของระบบไฟฟ้า

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาและหาวิธีปรับปรุงความเสถียรภาพแรงดันไฟฟ้าในระบบจำหน่ายในจังหวัดจันทบุรี

1.2.2 เพื่อศึกษาการหาขนาดและตำแหน่งที่เหมาะสมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กเพื่อปรับปรุงเสถียรภาพแรงดันไฟฟ้าของระบบจำหน่าย

1.2.3 เพื่อศึกษาการแก้ปัญหาการไหลของกำลังไฟฟ้าในระบบเรเดียล

1.2.4 เพื่อศึกษาวิธีการประยุกต์ใช้วิธีกลุ่มอนุภาคในการแก้ปัญหาเสถียรภาพแรงดันไฟฟ้าในระบบจำหน่าย

1.3 สมมติฐาน

การวางแผนเพื่อยกระดับเสถียรภาพแรงดันไฟฟ้าสำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้าในพื้นที่จังหวัดจันทบุรี สามารถเป็นเครื่องมือในการพัฒนาระบบไฟฟ้าในจังหวัดจันทบุรีได้

1.4 ขอบเขต

1.4.1 สามารถแก้ปัญหาความเสถียรภาพแรงดันไฟฟ้าในระบบจำหน่าย 22 kV ของจังหวัดจันทบุรีได้

1.4.2 สามารถหาขนาด และตำแหน่งที่เหมาะสมเพื่อติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กได้

1.4.3 นำเสนอถึงวิธีการ หรือแนวทางการแก้ปัญหาความเสถียรภาพของแรงดันไฟฟ้าในจังหวัดจันทบุรี

1.4.4 สามารถนำวิธีกลุ่มอนุภาคมาแก้ปัญหาความเสถียรภาพแรงดันไฟฟ้าในระบบจำหน่ายของจังหวัดจันทบุรีได้

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1.5.1 ศึกษาปัญหาของความเสถียรภาพแรงดันไฟฟ้าในระบบจำหน่าย

1.5.2 ศึกษาทฤษฎีเบื้องต้น

1) ศึกษาทฤษฎีการไหลของกำลังไฟฟ้าในระบบจำหน่าย
2) ศึกษาการเกิดปัญหาของความเสถียรภาพแรงดันไฟฟ้าในระบบจำหน่าย
3) ศึกษาวิธีการทางคณิตศาสตร์ที่นำมาวิเคราะห์การไหลของกำลังไฟฟ้า และความเสถียรภาพแรงดันไฟฟ้าในระบบจำหน่าย

1.5.3 ดำเนินงานวิจัย

1) เก็บข้อมูลความเสถียรภาพแรงดันไฟฟ้าจากระบบจำหน่ายเพื่อนำมาวิเคราะห์

2) วิเคราะห์ความเสถียรภาพแรงดันไฟฟ้าโดยใช้วิธีทางคณิตศาสตร์ และโปรแกรม MATLAB

3) หาวิธีแก้ปัญหา และปรับปรุงความเสถียรภาพแรงดันไฟฟ้าที่เหมาะสม

1.5.4 วิเคราะห์ผลการวิจัย

1.5.5 สรุปผลการวิจัย

1.6 ข้อจำกัด

วิทยานิพนธ์นี้จะศึกษาถึงปัญหาของความเสถียรภาพแรงดันไฟฟ้าในระบบจำหน่ายไฟฟ้าขนาดพิกัดแรงดัน 22 kV ในพื้นที่จังหวัดจันทบุรี โดยมีข้อจำกัดในการทำวิทยานิพนธ์ดังนี้

1.6.1 ในการจัดเรียงข้อมูลโหลดในระบบจำหน่ายไฟฟ้า จำเป็นต้องจัดกลุ่มหม้อแปลงจำหน่ายไฟฟ้า เพื่อลดความยุ่งยากซับซ้อนในการคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ต่างๆของระบบ

1.6.2 เนื่องจากมีการจัดกลุ่มหม้อแปลงจำหน่าย ทำให้ระบบสายส่งไฟฟ้ามีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม จึงเลืองใช้ค่าพารามิเตอร์ของสายส่งแต่ละช่วงให้มีค่าเท่ากันทั้งระบบ

1.6.3 ในการวิเคราะห์ข้อมูลของระบบจำหน่ายไฟฟ้าจังหวัดจันทบุรี ได้มีการแยกระบบออกเป็น 6 ระบบด้วยกัน

1.7 ลักษณะรายละเอียด

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ประกอบไปด้วยเนื้อหา 5 บท คือ บทที่ 1 กล่าวถึงความสำคัญ และปัญหาเรื่องความเสถียรภาพของระบบไฟฟ้า และการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กในระบบไฟฟ้า บทที่ 2 ได้ศึกษาเกี่ยวกับทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยศึกษาเรื่องเสถียรภาพของระบบไฟฟ้า การไหลของกำลังไฟฟ้าในระบบจำหน่าย คาปาซิเตอร์และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กที่ติดตั้งในระบบจำหน่ายเพื่อช่วยยกระดับเสถียรภาพไฟฟ้าในระบบจำหน่าย และวิธีกลุ่มอนุภาคเพื่อใช้ในการหาคำตอบ ในบทที่ 3 กล่าวถึงการดำเนินการวิจัยโดยการวิเคราะห์การไหลของกำลังไฟฟ้าในระบบจำหน่าย และนำข้อมูลที่ได้มาหาขนาด และตำแหน่งที่เหมาะสมเพื่อติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กโดยวิธีกลุ่มอนุภาค บทที่ 4 เป็นผลการทดสอบระบบจำหน่ายไฟฟ้า 22 kV ของจังหวัดจันทบุรี โดยแสดงให้เห็นถึงผลของการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กในระบบ และบทที่ 5 เป็นการสรุปผลรวมถึงข้อเสนอแนะ เพื่อใช้สำหรับพัฒนาต่อไป

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีของเสถียรภาพแรงดันไฟฟ้า ตัวเก็บประจุ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก และเทคนิคการหาค่าที่เหมาะสมโดยวิธีกลุ่มอนุภาค ซึ่งจะประกอบไปด้วยหลักการพื้นฐาน โครงสร้าง หลักการทำงาน ชนิด และประโยชน์ของการติดตั้งตัวเก็บประจุในระบบจำหน่าย และในส่วนของทฤษฎีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กจะประกอบไปด้วย หลักการทำงาน ชนิด และประโยชน์ของการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับปัญหาความเสถียรภาพแรงดันไฟฟ้าทำการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

A.Lakshmi Devi และ B. Subramanyam [3] ได้นำเสนอถึงการหาขนาด และตำแหน่งที่เหมาะสมในการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก โดยใช้วิธี Fuzzy Logic ช่วยในการคำนวณ ในการวิจัยได้เลือกใช้ระบบทดสอบ IEEE 33 BUS เป็นระบบทดสอบ โดยในการทดสอบได้ทำการเปรียบเทียบสถานะของระบบ 3 สถานะด้วยกัน คือ 1. ระบบก่อนการปรับปรุง 2. ระบบที่ปรับปรุงโดยการติดตั้งคาปาซิเตอร์ 3. ระบบที่ปรับปรุงโดยการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก โดยทำการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าในระบบ เพื่อนำข้อมูลจากการคำนวณไปป้อนให้กับวิธี Fuzzy Logic เพื่อคำนวณหาขนาด และตำแหน่งติดตั้งที่เหมาะสมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก ผลการทดสอบพบว่าในตำแหน่งบัสที่ 26 เป็นตำแหน่งติดตั้งที่เหมาะสมที่สุด โดยผลจากการเปรียบเทียบระหว่างการปรับปรุงระบบโดยการติดตั้งคาปาซิเตอร์ และการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก พบว่าการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กให้ผลการลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบจำหน่ายได้ดีกว่าการปรับปรุงระบบโดยการติดตั้งคาปาซิเตอร์

M. Chakravorty และ D. Das [4] ได้นำเสนอถึงการวิเคราะห์ปัญหาเสถียรภาพของแรงดันในระบบจำหน่ายไฟฟ้าแบบเรเดียล โดยใช้ระบบทดสอบ IEEE 69 BUS เป็นระบบอ้างอิงในงานวิจัย โดยจะทำการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าในระบบ เพื่อหาค่ากำลังไฟฟ้า แรงดัน และกระแสไฟฟ้าในระบบ จากนั้นดำเนินการวิเคราะห์โดยการเพิ่มโหลดในระบบขึ้นเรื่อยๆจนถึงจุดวิกฤต ซึ่งจากการทดสอบพบว่า ในตำแหน่งบัสที่ 65 ของระบบทดสอบ มีความเสถียรภาพของแรงดันไฟฟ้าต่ำที่สุด ดังนั้นจึงเป็นบัสที่อาจเกิดปัญหาการพังทลายของแรงดันได้มากที่สุดในระบบ

Pukar Mahat และคณะ [5] ได้นำเสนอถึงความจำเป็นในการหาขนาด และตำแหน่งติดที่เหมาะสมของกังหันลมผลิตไฟฟ้าเพื่อลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบจำหน่ายไฟฟ้า ซึ่งหากติดตั้งใน

ตำแหน่งที่ไม่เหมาะสม จะทำให้กำลังสูญเสียในระบบจำหน่ายเพิ่มขึ้น ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้เน้นไปที่การลดกำลังไฟฟ้าจริงที่สูญเสียในระบบจำหน่าย โดยใช้ระบบทดสอบ IEEE 33 BUS และ IEEE 69 BUS เป็นระบบทดสอบ และมีการกำหนดขนาดของกังหันลมผลิตไฟฟ้า โดยในระบบ 33 BUS กังหันลมผลิตไฟฟ้ามีขนาด 0.33 ถึง 3.8 MW และในระบบ 69 BUS ได้กำหนดให้กังหันลมผลิตไฟฟ้ามีขนาด 25 kW ถึง 3.9 MW จากการทดลองพบว่าในระบบ 33 BUS นั้น หากติดตั้งในตำแหน่งบัสที่ 12 ขนาด 2.45 MW จะสามารถลดกำลังสูญเสียในระบบลงได้ 33.08 % และในระบบ 69 BUS หากติดตั้งในตำแหน่งบัสที่ 56 ขนาด 1.78 MW จะสามารถลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบลงได้ 36.86 %

Wichit Krueasuk และ Weerakorn Ongsakul [6] ได้นำเสนอถึงการหาตำแหน่งติดตั้งที่เหมาะสมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กจำนวน 3 ชนิด ซึ่งประกอบไปด้วย โฟโตโวลตาอิค ซิงโครนัสคอนเดนเซอร์ และกังหันลมผลิตไฟฟ้า ซึ่งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละชนิดจะทำงานแตกต่างกันออกไป โดยโฟโตโวลตาอิคจะผลิตแต่กำลังไฟฟ้าจริงเพียงอย่างเดียว ซิงโครนัสคอนเดนเซอร์จะผลิตแต่กำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟเพียงอย่างเดียวและช่วยเพิ่มระดับแรงดันไฟฟ้าในระบบ ส่วนกังหันลมผลิตไฟฟ้าจะผลิตกำลังไฟฟ้าจริง แต่ขณะเดียวกันก็ยังต้องการกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟด้วย ซึ่งการหาขนาดและตำแหน่งติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กจะใช้วิธีกลุ่มอนุภาค โดยใช้ระบบจำหน่าย IEEE 33 BUS และ IEEE 69 BUS เป็นระบบทดสอบ ผลทดสอบระบบพบว่า เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กชนิดที่จ่ายกำลังไฟฟ้าจริงเพียงอย่างเดียว ในระบบ 33 บัส ติดตั้งในตำแหน่งบัสที่ 12 ใช้ขนาด 2.49 MW สามารถลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบได้ 47.49 % และในระบบ 69 บัส ติดตั้งในตำแหน่งบัสที่ 56 ขนาด 1.8 MW สามารถลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียลงได้ 63.06 % เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กที่ผลิตแต่กำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟ และช่วยยกระดับแรงดันในระบบ ในระบบ 33 บัส ติดตั้งในตำแหน่งบัสที่ 22 ใช้ขนาด 1.18 MVar สามารถลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบได้ 28.29 % และในระบบ 69 บัส ติดตั้งในตำแหน่งบัสที่ 56 ขนาด 1.3 MVar สามารถลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียลงได้ 32.49 % ส่วนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กที่ผลิตกำลังไฟฟ้าจริง แต่รับกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟ ระบบ 33 บัส ติดตั้งในตำแหน่งบัสที่ 12 ใช้ขนาด 2.56 MVA สามารถลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบได้ 26.01 % และในระบบ 69 บัส ติดตั้งในตำแหน่งบัสที่ 56 ขนาด 1.89 MVA สามารถลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียลงได้ 29.7 %

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องความสำคัญในการหาขนาด และตำแหน่งติดตั้งที่เหมาะสมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กเข้ากับระบบไฟฟ้าเพื่อลดกำลังไฟฟ้าสูญเสีย โดยการใช้วิธีทางคณิตศาสตร์เข้ามาช่วยในการคำนวณ เนื่องจากหากติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กในตำแหน่งที่ไม่เหมาะสมแล้ว จะทำให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบเปลี่ยนแปลง โดยวิทยานิพนธ์นี้นำเสนอถึงการหาขนาด และตำแหน่งติดตั้งที่เหมาะสมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กในระบบจำหน่ายไฟฟ้าจังหวัดจันทบุรี โดยใช้วิธีกลุ่มอนุภาค

2.2 ข้อมูลเบื้องต้นจังหวัดจันทบุรี

2.2.1 ข้อมูลเบื้องต้นจังหวัดจันทบุรี

จังหวัดจันทบุรีเริ่มมีการตั้งเมืองครั้งแรกที่บริเวณหน้าเขาสระบาป ชนพื้นเมืองกลุ่มแรกที่เรียกว่า“ชาวชอง”เข้ามาตั้งรกรากในราวพุทธศตวรรษที่ 18 ซึ่งปัจจุบันผู้ที่สืบเชื้อสายชาวชองดั้งเดิมส่วนใหญ่อาศัยอยู่ที่บ้านคลองพลู อำเภอเขาคิชฌกูฏ ในปี พ.ศ. 2200 จึงได้ย้ายมาสร้างเมืองใหม่ที่บ้านลุ่ม ซึ่งอยู่ทาง ฝั่งตะวันตกของแม่น้ำจันทบุรี หลังจากที่กรุงศรีอยุธยาเสียแก่พม่า จันทบุรีเป็นเมืองที่สมเด็จพระเจ้าตากสินมหาราชเมื่อครั้งยังเป็นพระยาวชิรปราการได้นำกำลังพลตีฝ่าวงล้อมพม่าออกมาทางทิศตะวันออก และยึดเมืองจันทบุรีไว้เป็นเวลา 5 เดือน เพื่อเป็นแหล่งสะสมเสบียงอาหารและลี้พลก่อนนำกำลังพลกลับไปกอบกู้กรุงศรีอยุธยาในปี พ.ศ. 2310

ต่อมา พ.ศ. 2436 ฝรั่งเศสได้เข้ามายึดครองเมืองจันทบุรีไว้นานถึง 11 ปี จนไทยต้องยอมยกดินแดน ฝั่งซ้ายแม่น้ำโขงให้กับฝรั่งเศสเพื่อแลกเมืองจันทบุรีกลับคืนมา จนกระทั่งในปี พ.ศ. 2476 ได้มีการจัดระเบียบบริหารราชการแผ่นดินขึ้นใหม่ เมืองจันทบุรีจึงมีฐานะเป็นจังหวัดจนถึงปัจจุบัน[7]

1) ลักษณะทางกายภาพ

ที่ตั้ง จังหวัดจันทบุรีตั้งอยู่ทางภาคตะวันออกของประเทศไทย ห่างจากกรุงเทพมหานคร ประมาณ 239 กิโลเมตร มีพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 6,338 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 3,961,250 ไร่

อาณาเขต ด้านทิศเหนือติดต่อกับจังหวัดชลบุรี ฉะเชิงเทรา และสระแก้ว ด้านทิศใต้ติดต่อกับจังหวัดตราดและอ่าวไทย ด้านทิศตะวันออกติดต่อกับจังหวัดตราดและประเทศกัมพูชา และด้านทิศตะวันตกติดต่อกับจังหวัดระยองและอ่าวไทย มีแนวเขตติดต่อกับราชอาณาจักรกัมพูชาประมาณ 86 กิโลเมตร และมีแนวชายฝั่งทะเลยาวประมาณ 87 กิโลเมตร

รูปที่ 2.1 แผนที่จังหวัดจันทบุรี

2) การปกครองและประชากร

การปกครอง แบ่งออกเป็น 10 อำเภอ 76 ตำบล 728 หมู่บ้าน 33 ชุมชน หน่วยการปกครองส่วนท้องถิ่น ประกอบด้วย องค์การบริหารส่วนจังหวัด เทศบาลเมือง 3 แห่ง เทศบาลตำบล 27 แห่ง และองค์การบริหารส่วนตำบล 51 แห่ง

ประชากร ปี 2551 จังหวัดจันทบุรีมีจำนวนประชากร รวมทั้งสิ้น 506,905 คน เป็นชาย 250,060 คน เป็นหญิง 256,845 คน อำเภอที่มีประชากรมากที่สุด คือ อำเภอเมืองจันทบุรี มีจำนวน 123,148 คน รองลงมาได้แก่อำเภอ ท่าใหม่ จำนวน 69,213 คน และอำเภอสอยดาว จำนวน 62,776 คน อำเภอที่มีความหนาแน่นของประชากรมากที่สุดคือ อำเภอเมืองจันทบุรี โดยมีอัตราเฉลี่ย 487 คน ต่อ 1 ตารางกิโลเมตร รองลงมาได้แก่ อำเภอแหลมสิงห์ 161 คน ต่อ 1 ตารางกิโลเมตร อาเภอท่าใหม่ 113 คน ต่อ 1 ตารางกิโลเมตร ส่วนอำเภอที่มีความหนาแน่นของประชากรน้อยที่สุดคือ อำเภอแก่งหางแมว มีอัตราเฉลี่ย 30 คน ต่อ 1 ตารางกิโลเมตร

3) โครงสร้างพื้นฐาน

จังหวัดจันทบุรีมีพลังไฟฟ้าใช้ในปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการของประชาชนและโรงงานอุตสาหกรรม โดยมีสถานีจ่ายกระแสไฟฟ้าจำนวน 5 แห่ง สามารถจ่ายพลังไฟฟ้าสูงสุดได้จำนวน 270 เมกกะวัตต์ มีจำนวนหมู่บ้านที่มีไฟฟ้าใช้แล้วรวม 729 หมู่บ้าน คิดเป็นร้อยละ 99.73 ของหมู่บ้านทั้งหมด จากการพัฒนาทางเศรษฐกิจของจังหวัดจันทบุรี มีการใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นทุกปี ในปี พ.ศ. 2551 มีการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุด 155 เมกะวัตต์ เพิ่มขึ้นจากปีที่ผ่านมาจำนวน 7 เมกกะวัตต์ มีพลังงานไฟฟ้าสำรองคงเหลือ 115 เมกกะวัตต์ (43%)

ในปี พ.ศ. 2551 มีจำนวนผู้ใช้กระแสไฟฟ้า ณ วันที่ 31 ธันวาคม 2551 จำนวน 178,240 ราย เพิ่มขึ้นจากปีที่ผ่านมา จำนวน 5,008 ราย มีปริมาณการใช้กระแสไฟฟ้าทั้งปีรวม 769,391,870 หน่วย (หรือกิโลวัตต์ชั่วโมง) โดยสถานธุรกิจและอุตสาหกรรมมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุด รองลงมาคือ ที่อยู่อาศัย สถานที่ราชการ

2.3 เสถียรภาพของระบบไฟฟ้า (Power System Stability)

เสถียรภาพของระบบไฟฟ้าคือความสามารถของระบบในการรักษาสภาวะสมดุลในการทำงานปกติ และยังต้องสามารถทำให้ระบบกลับมาอยู่ในสภาวะสมดุลหลังจากถูกรบกวนจากการทำงาน ซึ่งการรบกวนนี้อาจมีการรบกวนขนาดเล็ก หรือการรบกวนขนาดใหญ่ก็ได้ เสถียรภาพของระบบไฟฟ้าสามารถแบ่งได้ดังนี้คือ [8]

2.3.1 เสถียรภาพทางมุม (Angular Stability)

คือความสามารถของระบบในการรักษาสภาพซิงโครนัส (Synchronism) ภายใต้สภาวะคงที่ซึ่งเป็นจุดสมดุลระหว่างกำลังบิดทางกล (Mechanical Torque) และกำลังบิดทางไฟฟ้า (Electrical Torque) เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะมีความเร็วคงที่ ถ้าสภาพของระบบเปลี่ยนแปลงไปเมื่อถูกรบกวน จุด

สมดุลก็จะเปลี่ยนแปลงไป เป็นผลทำให้อัตราเร่งของมุมโรเตอร์ (Rotor Angle) เพิ่มขึ้นหรือลดลงและถ้าเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องหนึ่งหมุนเร็วกว่าเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอีกครั้งหนึ่ง มุมโรเตอร์เทียบกับแกนโรเตอร์ของเครื่องนั้น จะมากกว่าเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่หมุนช้ากว่า ความแตกต่างของมุมนี้เป็นผลให้ภาระของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ช้าจะย้ายไปยังเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่เร็วซึ่งขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ของกำลังไฟฟ้า-มุมโรเตอร์ (Power -angle Relationship) ซึ่งเป็นความสัมพันธ์แบบไม่เชิงเส้น ส่งผลให้ลดความแตกต่างของความเร็วและมุมที่แยกออกจากกันการเพิ่มขนาดของมุมที่แยกออกจากกันนี้ เกิดขึ้นจากความสามารถในการส่งกำลังไฟฟ้าลดลง ซึ่งเป็นไปตามความสัมพันธ์ของกำลังไฟฟ้า-มุม และยิ่งเพิ่มความแตกต่างของมุมที่แยกออกจากกัน เสถียรภาพของระบบจะยิ่งลดลง ดังนั้นกล่าวได้ว่าเสถียรภาพของระบบจึงขึ้นอยู่กับความแตกต่างของมุมที่แยกกันของโรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้งหมด ซึ่งขึ้นอยู่กับจุดทำงานของระบบไฟฟ้า และอุปกรณ์ควบคุมต่างๆ และถ้าค่ามุมโรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าใดเปลี่ยนแปลงมากเกินไป ก็จะทำให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้านั้นสูญเสียสภาพซิงโครนัสและทำให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าหลุดออกจากระบบไฟฟ้า การสูญเสียสภาพซิงโครนัสในระบบไฟฟ้าสามารถเกิดได้กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องเดียวหรือหลายเครื่องก็ได้ ซึ่งก็อาจจะกลับมาสู่สภาพซิงโครนัสใหม่ได้ด้วยการขนานเข้าสู่ระบบอีกครั้ง การทำงานของระบบไฟฟ้าที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าต่อเชื่อมกัน สามารถเปรียบได้กับการที่มีรถหลาย ๆ คัน วิ่งเกาะกลุ่มกันไป โดยรถแต่ละคันจะเชื่อมต่อกันด้วยสายที่ยืดหยุ่นได้ หรือ Rubber Band ซึ่งรถนี้เปรียบได้กับโรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และสายที่ยืดหยุ่นได้นั้นเปรียบเหมือนสายส่ง เมื่อรถทุกคันวิ่งด้วยความเร็วเท่ากัน สายที่ยืดหยุ่นได้ก็จะอยู่ในภาวะที่คงที่ แต่ถ้ามีแรงมากระทำที่รถคันหนึ่ง ทำให้ความเร็วของรถเพิ่มขึ้นชั่วขณะสายที่ยืดหยุ่นได้ที่ต่อกับรถคันนี้ก็จะยืดออกจากคันอื่น ทำให้รถที่ถูกแรงมากระทำจะช้าลงส่วนรถที่ต่ออยู่จะเร็วขึ้น ลักษณะนี้จะเกิดต่อเนื่องเป็นลูกโซ่กับรถทุกคัน จะกระทั่งความเร็วของรถทั้งหมดกลับสู่ปกติ ถ้าแรงที่มากระทำทำให้สายที่ยืดหยุ่นได้รับแรงมากเกินจนขาด รถก็จะแยกออกจากกลุ่ม เสมือนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่แยกออกจากระบบไฟฟ้านั่นเอง แต่ถ้าสายที่ยืดหยุ่นได้มีความยืดหยุ่นมากเกินไป รถที่ต่อเชื่อมอยู่ก็จะมีอาการแกว่งของรอบหรือความเร็วของรถ หรือถ้าวิเคราะห์จากปริมาณกำลังบิดทางไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงในระบบไฟฟ้า จะประกอบด้วยกำลังบิดซิงโครไนซ์ (Synchronizing Torque) และกำลังบิดการหน่วง (Damping Torque) ซึ่งมีความสัมพันธ์ดังสมการ 2.1

$$\Delta T_e = T_S \Delta\delta + T_D \Delta\omega \tag{2.1}$$

โดยที่ ΔT_e คือ กำลังบิดทางไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงในระบบไฟฟ้า

$T_S \Delta\delta$ คือ กำลังบิดซิงโครไนซ์ เป็นค่ากำลังบิดในเฟสเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงของมุมโรเตอร์ $\Delta\delta$ โดย T_S เรียกว่าสัมประสิทธ์กำลังบิดซิงโครไนซ์ (Synchronizing Torque Coefficient)

$T_D\Delta\omega$ คือ กำ ลังบิดการหน่วงเป็นค่ากำลังบิดในเฟสเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงของความเร็ว $\Delta\omega$ โดย T_D เรียกว่า สัมประสิทธิ์กำลังบิดการหน่วง (Damping Torque Coefficient)

ถ้าระบบขาดกำลังบิดซิงโครไนซ์หรือมีค่า T_S เป็นลบ จะทำให้มุมโรเตอร์มีอัตราเร่งเพิ่มขึ้นจนสูญเสียสภาพซิงโครนัส และถูกปลดออกจากระบบในที่สุด ทำให้ระบบขาดเสถียรภาพ ส่วนการขาดกำลังบิดการหน่วงหรือมีค่า T_D ก็จะเป็นผลทำให้เมื่อเกิดการแกว่งของกำลังไฟฟ้าขึ้น จะไม่สามารถลดขนาดการแกว่งที่เกิดขึ้นได้จนทำให้ระบบสูญเสียเสถียรภาพในที่สุดลักษณะของเสถียรภาพทางมุมนี้ สามารถแบ่งได้ 2 ชนิดด้วยกันคือ

1) เสถียรภาพสัญญาณขนาดเล็ก (small signal disturbance)

เป็นความสามารถของระบบไฟฟ้าที่รักษาสภาพซิงโครนัสได้เมื่อถูกรบกวนปริมาณเล็กน้อยที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องในระบบเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของโหลดหรือกำลังการผลิตเพียงเล็กน้อย ซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้จากสมการเชิงเส้นของระบบนั่นเองสาเหตุของการเกิดสภาวะไม่เสถียรภาพเกิดจากสาเหตุของประการดังนี้คือ

- การเพิ่มอัตราการเร่งของมุมโรเตอร์เนื่องมาจากขาดกำลังบิดซิงโครไนซ์
- การแกว่งของโรเตอร์เนื่องมาจากการขาดกำลังบิดการหน่วง

ในระบบไฟฟ้าโดยปกติลักษณะของการรบกวนขนาดเล็กจะขึ้นอยู่กับค่าการทำงานเริ่มต้น, ความยาวสายส่ง, ชนิดของระบบกระตุ้น (Excitation) ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า สำหรับระบบไฟฟ้าขนาดใหญ่ ที่มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าต่อกันอยู่นั้น ถ้าระบบไม่มีตัวปรับเปลี่ยนแรงดัน (Voltage Regulator) หรือมีค่าแรงดันสนามคงที่ (Constant Field Voltage) การสูญเสียเสถียรภาพของระบบเป็นผลเนื่องมากจากการขาดกำลังบิดซิงโครไนซ์ไม่ได้เกิดจากการแกว่งเนื่องจากขาดกำลังบิดการหน่วง ซึ่งจะเรียกการสูญเสียเสถียรภาพในลักษณะนี้ว่า Non-Oscillatory Instability แต่ถ้ามีการควบคุมการกระตุ้น (Excitation Control) ปัญหาการสูญเสียเสถียรภาพของระบบจะเกิดขึ้นเนื่องมาจากการขาดกำลังบิดการหน่วงในระบบทำให้เกิดการแกว่งที่มีการเพิ่มขนาดขึ้นเรื่อยๆซึ่งเรียกการสูญเสียเสถียรภาพในลักษณะนี้ว่า Oscillatory Instability

ซึ่งระบบไฟฟ้ากำลังในปัจจุบันปัญหาเสถียรภาพสัญญาณขนาดเล็กนี้เป็นปัญหาที่ส่วนใหญ่ มักจะเกิดเนื่องจากการเกิดการแกว่งในระบบนั่นเอง ซึ่งเสถียรภาพของการแกว่งนี้สามารถแบ่งตามความถี่ได้เป็น 4 ลักษณะด้วยกัน

1. โหมดพื้นที่เดียวกัน (Local Mode) เกิดจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องหนึ่งหรือเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหลายเครื่องที่อยู่ในพื้นที่ใกล้เคียงกันตอบสนองโต้ตอบกันกับระบบที่เหลือซึ่งมีขนาดใหญ่กว่า ความถี่ที่เกิดอยู่ระหว่าง 0.7 ถึง 2.0 Hz

2. โหมดระหว่างพื้นที่ (Inter-Area Mode) เป็นการแกว่งจากการโต้ตอบของกลุ่มเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากลุ่มหนึ่งกับกลุ่มเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากลุ่มอื่นๆ ในระบบ การแกว่งแบบนี้จะมีความซับซ้อนมากกว่าโหมดพื้นที่เดียวกัน ความถี่จะอยู่ในช่วง 0.1 ถึง 1.0 Hz

3. โหมดควบคุม (Control Mode) เกิดจากการปรับแต่งอุปกรณ์ควบคุมในระบบที่ไม่เหมาะสมเช่น ตัวควบคุมความเร็ว (Speed Governor) หรือ ตัวชดเชยวาร์สถิตย์ (SVC) เป็นต้น

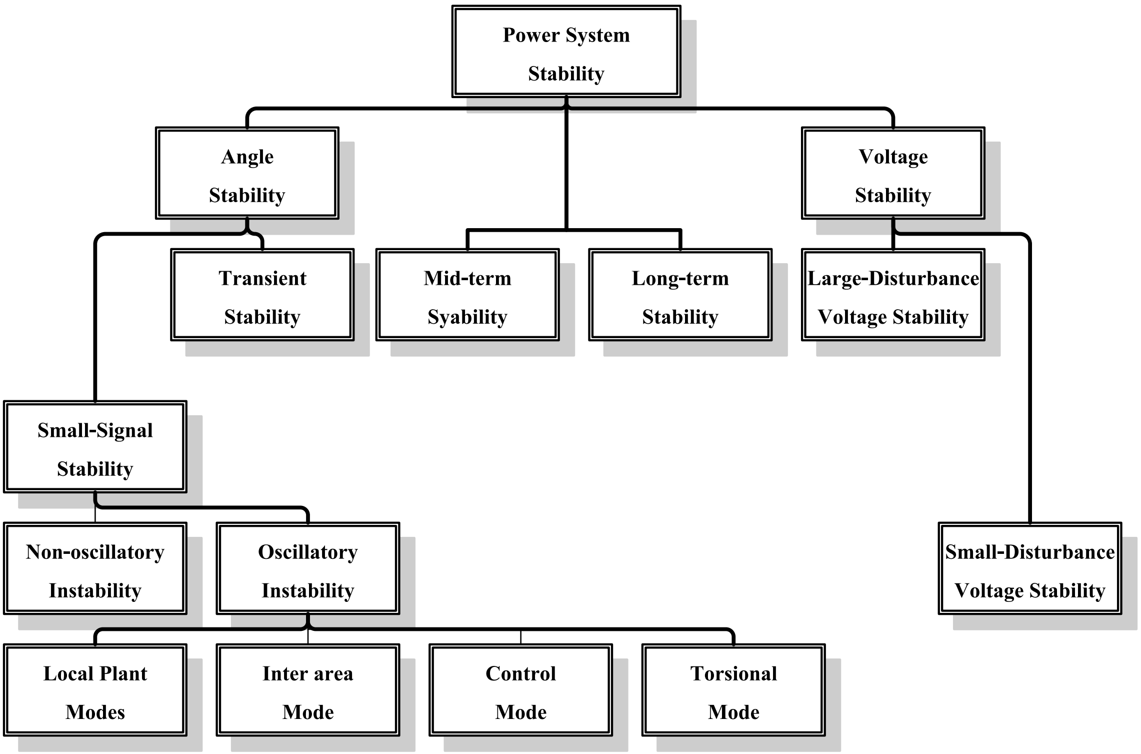
4. โหมดเชิงความบิด (Tensional Mode) เป็นการแกว่งที่เกิดขึ้นที่แกนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและกังหัน ความถี่จะอยู่ในช่วงความถี่ซับซิงโครนัส

2) เสถียรภาพสภาวะชั่วครู่ (Transient Stability)

เป็นความสามารถของระบบไฟฟ้ากำลังที่สามารถรักษาสภาพซิงโครนัสเมื่อเกิดการรบกวนชั่วครู่อย่างรุนแรง (Large Disturbance) ในระบบได้ เช่น การเกิดข้อผิดพลาด (Fault) ในระบบสายส่ง, การเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของโหลดขนาดใหญ่เป็นต้น ซึ่งผลตอบสนองของระบบดังกล่าวจะสามารถวิเคราะห์ได้ในลักษณะไม่เชิงเส้น (Nonlinear) โดยใช้ความสัมพันธ์ของกำลังไฟฟ้า-มุม ซึ่งเสถียรภาพแบบนี้จะขึ้นอยู่กับจุดทำงานเริ่มต้นของระบบและความรุนแรงของการรบกวนที่เกิดขึ้น

2.3.2 เสถียรภาพทางแรงดัน (Voltage Stability)

เป็นความสามารถของระบบไฟฟ้ากำลังในการรักษาแรงดันให้อยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ภายใต้สภาวะการทำงานปกติและภายหลังจากการถูกรบกวนจากทฤษฎีเสถียรภาพของระบบไฟฟ้าที่อธิบายมาข้างต้นสามารถแสดงดังรูปที่ 2.2 จะพบว่าการศึกษาการแกว่งของกำลังไฟฟ้าในระบบไฟฟ้าจะจัดอยู่ในเสถียรภาพทางมุมและเป็นการศึกษาแบบเสถียรภาพของสัญญาณขนาดเล็ก ซึ่งจะพิจารณามุ่งเน้นไปยังลักษณะการแกว่งแบบโหมดระหว่างพื้นที่ (Inter-Area Mode) เพื่อให้ตรงกับปัญหาการแกว่งของกำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นบริเวณสายส่งเชื่อมของระบบไฟฟ้า



รูปที่ 2.2 การจำแนกเสถียรภาพของระบบไฟฟ้า

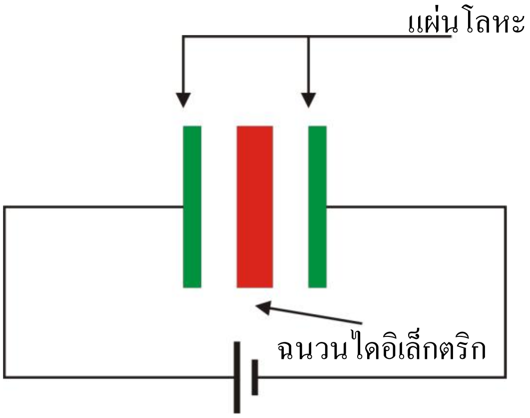
2.4 คาปาซิเตอร์ (Capacitor)

2.4.1 หลักการพื้นฐานของคาปาซิเตอร์

คาปาซิเตอร์จัดเป็นอุปกรณ์ที่มีการใช้งานอย่างแพร่หลายในระบบไฟฟ้ากำลังโดยมีจุดมุ่งหมายในการใช้งานด้านชดเชยกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟให้กับระบบ ปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลัง และช่วยในการแก้ปัญหาแรงดันไฟฟ้าตกแต่การติดตั้งคาปาซิเตอร์เกินความจำเป็นอาจก่อให้เกิดปัญหาแรงดันเกินตามมา ดังนั้นจึงต้องมีการวางแผนในการติดตั้งคาปาซิเตอร์นี้เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด [9]

2.4.2 โครงสร้างของคาปาซิเตอร์

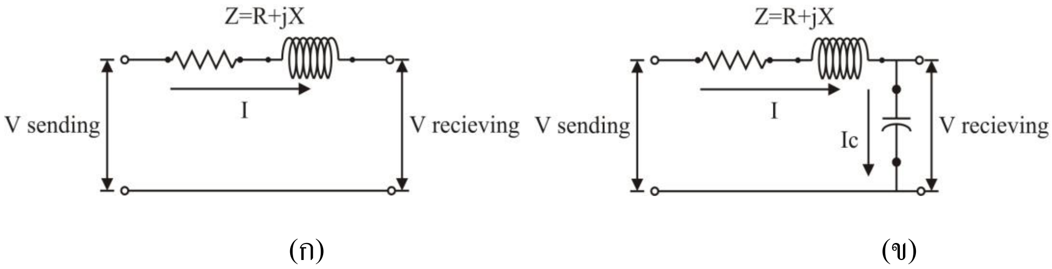
คาปาซิเตอร์เป็นอุปกรณ์ชนิดหนึ่งที่นำมาใช้งานทางไฟฟ้า โครงสร้างโดยทั่วไปจะประกอบไปด้วยแผ่นโลหะบางๆสองแผ่นวางซ้อนทับกับฉนวนไดอิเล็กตริก ซึ่งในคาปาซิเตอร์หนึ่งตัวจะประกอบไปด้วยส่วนย่อยหลายๆส่วนมาต่อเข้าด้วยกันเพื่อให้ได้ขนาดที่ต้องการ โดยเทคโนโลยีในการผลิตคาปาซิเตอร์ที่นำมาใช้ในระบบไฟฟ้ากำลังนั้นต้องทำให้คาปาซิเตอร์สามารถทนอยู่ในสภาวะที่มีความเครียดทางไฟฟ้าสูงได้ รูปที่ 2.3 แสดงถึงโครงสร้างพื้นฐานของคาปาซิเตอร์



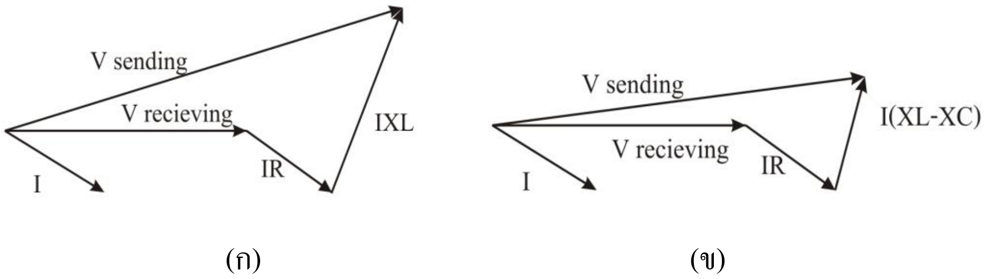
รูปที่ 2.3 โครงสร้างพื้นฐานของคาปาซิเตอร์

2.4.3 หลักการทำงานพื้นฐานของคาปาซิเตอร์

คาปาซิเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่สามารถช่วยชดเชยกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟในระบบไฟฟ้า ในการติดตั้งคาปาซิเตอร์นั้นต้องต่อขนานเข้าไปในระบบ คาปาซิเตอร์ที่ต่อขนานเข้าไปในระบบจะทำหน้าที่ในการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะของอินดักทีฟโหลด โดยทำให้กระแสมีเฟสนำหน้าหักล้างกับองค์ประกอบที่เฟสล้าหลังของกระแสอินดักทีฟโหลดในจุดที่มีการติดตั้งคาปาซิเตอร์ จากหลักการข้างต้นสามารถแสดงภาพวงจรสมมูลก่อนและหลังติดตั้งคาปาซิเตอร์ได้ตามรูปที่ 2.4 และแสดงเฟสเซอร์ไดอะแกรมของแรงดันก่อนและหลังติดตั้งคาปาซิเตอร์ ได้ตามรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.4 (ก) วงจรสมมูลก่อน (ข) หลังการติดตั้งคาปาซิเตอร์



รูปที่ 2.5 (ก) เฟสเซอร์ไดอะแกรมของแรงดันก่อน (ข) หลังติดตั้งคาปาซิเตอร์

แรงดันตกที่เกิดขึ้นในสายป้อนในสภาวะก่อนและหลังติดตั้งคาปาซิเตอร์แสดงได้ตามสมการที่ (2.3) และสมการที่ (2.4)

$$VD = I_R R + I_L X_L \qquad (2.3)$$

$$VD = I_R R + I_L X_L - I_C X_C \qquad (2.4)$$

โดยที่ R คือ ความต้านทานของสายป้อน

X_L คือ ความต้านทานขดลวดของสายป้อน

X_C คือ ความต้านทานตัวเก็บประจุของสายป้อน

I_R คือ กระแสไหลผ่านส่วนที่เป็นความต้านทาน

I_L คือ กระแสไหลผ่านส่วนที่เป็นความต้านทานขดลวด

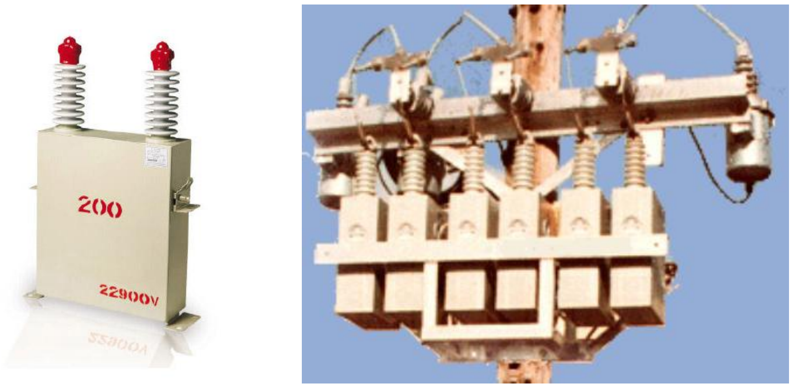
I_C คือ กระแสไหลผ่านส่วนที่เป็นความต้านทานตัวเก็บประจุ

2.4.4 ชนิดของคาปาซิเตอร์

คาปาซิเตอร์ที่นำไปติดตั้งเพื่อลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบไฟฟ้ากำลังนั้นมี 2 ชนิดให้เลือกไปใช้งานตามความเหมาะสม คือคาปาซิเตอร์แบบคงที่และคาปาซิเตอร์แบบปรับค่า สามารถอธิบายลักษณะของคาปาซิเตอร์ทั้ง 2 ชนิดได้ดังนี้

1) คาปาซิเตอร์แบบคงที่ (Fixed Capacitor)

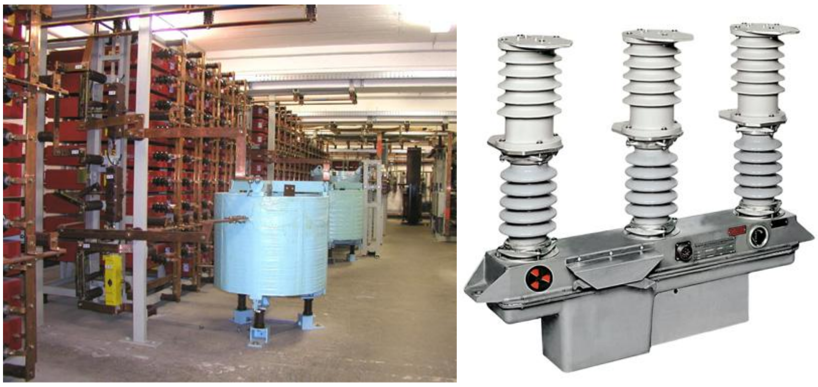
คาปาซิเตอร์แบบคงที่เป็นคาปาซิเตอร์ที่เมื่อติดตั้งเข้าไปในระบบแล้วจะจ่ายกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟเข้าสู่ระบบตลอดเวลาโดยไม่สามารถทำการควบคุมการจ่ายกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟได้รูปที่ 2.6 แสดงคาปาซิเตอร์แบบคงที่



รูปที่ 2.6 คาปาซิเตอร์แบบคงที่ [10]

2) คาปาซิเตอร์แบบปรับค่า (Switched Capacitor)

คาปาซิเตอร์แบบปรับค่าเป็นคาปาซิเตอร์ที่เมื่อติดตั้งเข้าไปในระบบแล้วสามารถปรับค่าการจ่ายกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟได้ โดยการควบคุมการจ่ายกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟนั้นมีหลายวิธีให้เลือก เช่นการควบคุมด้วยกระแสหรือแรงดันที่จุดติดตั้ง การควบคุมด้วยเวลา เป็นต้น เนื่องจากคาปาซิเตอร์แบบคงที่มีการจ่ายกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟเข้าสู่ระบบตลอดเวลาดังนั้นเวลาพิจารณาเลือกคาปาซิเตอร์ชนิดนี้ไปใช้งานต้องคำนึงถึงช่วงเวลาที่มีการใช้โหลดน้อยด้วยเพราะอาจทำให้เกิดแรงดันเกินที่จุดติดตั้งได้ วิธีแก้ไขคือพิจารณาการติดตั้งคาปาซิเตอร์แบบปรับค่า รูปที่ 2.7 แสดงคาปาซิเตอร์แบบปรับค่า



รูปที่ 2.7 คาปาซิเตอร์แบบปรับค่า [11]

2.4.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการติดตั้งคาปาซิเตอร์

ประโยชน์ที่ได้รับหลังจากการติดตั้งคาปาซิเตอร์เพิ่มเข้าไปในระบบสามารถอธิบายได้ดังนี้

1) ลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในสายป้อน

กำลังไฟฟ้าสูญเสียภายในสายป้อนขึ้นอยู่กับกระแสที่ไหลผ่านสายป้อนโดยจะแปรผันตามกระแสไหลผ่านสายป้อนยกกำลังสอง เมื่อติดตั้งคาปาซิเตอร์เข้าไปในระบบจะทำให้มุมของตัวประกอบกำลังมีค่าสูงขึ้นซึ่งจะส่งผลทำให้กระแสลดลง สามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับตัวประกอบกำลังได้ตามสมการที่ (2.5)

$$I = \frac{P}{\sqrt{3}V\cos\phi} \tag{2.5}$$

โดยที่ I คือ กระแสโหลด

P คือ กำลังไฟฟ้าจริงของโหลด

V คือ แรงดันตกคร่อมโหลด

ϕ คือ มุมของตัวประกอบกำลัง

จากสมการที่ (2.5) สามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าสูญเสียก่อนและหลังติดตั้งคาปาซิเตอร์ได้ดังนี้กำลังไฟฟ้าสูญเสียหาได้ตามสมการที่ (2.6)

$$P_L = I^2 R \tag{2.6}$$

แทนกระแสที่ได้จากสมการที่ (2.5) ในสมการที่ (2.6) จะได้

$$P_L = \frac{P^2 R}{3V^2(\cos\phi)^2} \tag{2.7}$$

นำสมการที่ (2.7) มาใช้ในการเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าสูญเสียก่อนและหลังติดตั้งคาปาซิเตอร์ได้ตามสมการที่ (2.8) และสมการที่ (2.9) ตามลำดับ

$$P_{L1} = \frac{P_1^2 R}{3V_1^2(\cos\phi_1)^2} \tag{2.8}$$

$$P_{L2} = \frac{P_2^2 R}{3V_2^2(\cos\phi_2)^2} \tag{2.9}$$

ถ้ากำลังไฟฟ้าจริงและแรงดันตกคร่อมโหลดมีค่าคงที่แล้ว ความสัมพันธ์ระหว่างสมการที่ (2.8) และสมการที่ (2.9) จะเป็นไปตามสมการที่ (2.10)

$$P_{L2} = \left(\frac{\cos\phi_1}{\cos\phi_2}\right)^2 P_{L1} \tag{2.10}$$

โดยที่ P_{L1}, P_{L2} คือ กำลังไฟฟ้าสูญเสียก่อนและหลังติดตั้งคาปาซิเตอร์

P_1, P_2 คือ กำลังไฟฟ้าจริงของโหลดก่อนและหลังติดตั้งคาปาซิเตอร์

V_1, V_2 คือ แรงดันตกคร่อมโหลดก่อนและหลังติดตั้งคาปาซิเตอร์

ϕ_1, ϕ_2 คือ มุมของตัวประกอบกำลังของโหลดก่อนและหลังติดตั้งคาปาซิเตอร์

R คือ ความต้านทานของโหลด

จากสมการที่ (2.10) จะเห็นได้ว่าถ้าเราสามารถปรับปรุงมุมของตัวประกอบกำลังให้มีค่ามากขึ้นก็จะทำให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียลดลง

2) ลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในหม้อแปลง

กำลังไฟฟ้าสูญเสียในหม้อแปลงโดยทั่วไปจะประกอบไปด้วยกำลังไฟฟ้าสูญเสียช่วงไร้โหลดและกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่เกิดจากโหลด กำลังไฟฟ้าสูญเสียช่วงไร้โหลดจะประกอบไปด้วยกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่เกิดจากแกนเหล็กของหม้อแปลง กำลังไฟฟ้าที่เกิดจากความร้อนและกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่เกิดจากกระแสไหลวน กำลังไฟฟ้าสูญเสียที่เกิดจากโหลดเป็นกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่เกิดในขดลวดทองแดงเนื่องจากการไหลผ่านของกระแสจากกำลังไฟฟ้าสูญเสียในหม้อแปลงดังที่กล่าวมาเมื่อมีการติดตั้งคาปาซิเตอร์เข้าไปในระบบเพื่อยกระดับแรงดันให้สูงขึ้นแล้ว กระแสที่ไหลในสายป้อนจะลดลงส่งผลให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียในหม้อแปลงลดลงตามไปด้วย

3) ลดแรงดันตกในสายป้อน

เมื่อระบบมีกระแสในสายไหลลดลงเนื่องจากการติดตั้งคาปาซิเตอร์เข้าไปก็จะส่งผลให้แรงดันตกในสายป้อนลดลงตามไปด้วย แสดงให้เห็นตามความสัมพันธ์ของแรงดันตกและกระแสที่ไหลในสายป้อนในสมการที่ (2.11)

$$Voltage \quad Drop = \sqrt{3}I(R\cos\phi + X\sin\phi) \tag{2.11}$$

โดยที่ I คือ กระแสที่ไหลในสายป้อน

R คือ ความต้านทานของสายป้อน

X คือ ความต้านทานขดลวดของสายป้อน

ϕ คือ มุมของตัวประกอบกำลัง

2.5 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก (Distributed Generation, DG)

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก (Distributed Generation, DG) ตามมาตรฐาน IEEE1547-2003 ได้ให้คำจำกัดความไว้ว่า เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กหมายถึงเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่เชื่อมต่อเข้ากับพื้นที่ของระบบไฟฟ้ากำลังผ่านจุดต่อร่วม (Point of Common Coupling, PCC) อย่างไรก็ตามสำหรับงานวิจัยอื่นสามารถสรุปได้ว่าเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก คือ แหล่งผลิตไฟฟ้าที่อยู่ใกล้กับบริเวณของผู้ใช้ไฟฟ้า อาจเชื่อมโยงเข้ากับระบบส่งและระบบจำหน่ายไฟฟ้าหรือไม่ก็ได้แต่เพื่อประโยชน์สูงสุดในการใช้งานควรเชื่อมโยงเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กเข้ากับระบบส่งและจำหน่ายไฟฟ้า ซึ่งทำให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กนั้นสามารถส่งไฟฟ้าเข้าสู่ระบบได้เมื่อไฟฟ้าเหลือใช้ และสามารถดึงไฟฟ้าจากระบบมาใช้เมื่อความต้องการไฟฟ้ามากกว่าที่ผลิตได้ โดยปกติเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาด

เล็กจะมีขนาดไม่ใหญ่มากนัก แต่ไม่มีข้อจำกัดชัดเจนว่าต้องมีขนาดไม่เกินเท่าใด อาจมีขนาดเป็นกิโลวัตต์ (kW) จนถึงหลายเมกกะวัตต์ (MW) ได้ [12]

ซึ่งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กนั้นสามารถแบ่งออกตามลักษณะการจ่ายกำลังไฟฟ้า ได้ 4 แบบด้วยกัน

2.5.1 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กที่สามารถจ่ายได้เฉพาะกำลังไฟฟ้าจริง (Real Power) เช่น การผลิตด้วยแผงเซลแสงอาทิตย์ โดยมีแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ดังแสดงในสมการที่ (2.12)

$$P_{DGi} = P_{Di} - \frac{1}{A_{ii}} \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq 1}}^{n} (A_{ij} P_j - B_{ij} Q_j) \tag{2.12}$$

2.5.2 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กที่สามารถจ่ายได้เฉพาะกำลังไฟฟ้ารีแอคทิฟ (Reactive Power) เช่น ซิงโครนัสคอนเดนเซอร์ (Synchronous Condenser) ซึ่งมีแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ดังแสดงในสมการที่ (2.13)

$$Q_{DGi} = Q_{Di} - \frac{1}{A_{ii}} \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq 1}}^{n} (A_{ij} Q_j - B_{ij} P_j) \tag{2.13}$$

2.5.3 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กซึ่งสามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าจริง แต่ต้องการกำลังไฟฟ้ารีแอคทิฟ เช่น เทอร์ไบน์พลังงานลม (Wind Turbine) โดยมีแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ดังแสดงในสมการที่ (2.14)

$$0.0032 A_{ii} P_{DGi}^3 + P_{DGi}[1.004 A_{ii} + 0.08 A_{ii} Q_{Di} - 0.08 Y_i] + (X_i - A_{ii} P_{Di}) = 0 \tag{2.14}$$

2.5.4 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กซึ่งสามารถรักษาระดับแรงดันที่บัส กรณีนี้ได้แก่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งติดตั้ง ณ เจนเนอเรเตอร์บัส (Generator Bus) ที่ใช้ในการคำนวณการไหลของกำลังในระบบไฟฟ้า (Load Flow) มีกำลังไฟฟ้าจริงที่จ่ายจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ดังแสดงในสมการที่ (2.15)

$$P_i = P_{DGi} - P_{Di} - \frac{1}{A_{ii}} \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq 1}}^{n} (A_{ij} P_j - B_{ij} Q_j) \tag{2.15}$$

โดยที่ $A_{ij} = \dfrac{R_{ij} \cos(\delta_i - \delta_j)}{V_i V_j}$ $B_{ij} = \dfrac{R_{ij} \sin(\delta_i - \delta_j)}{V_i V_j}$

P_i คือ กำลังไฟฟ้าจริงที่จ่ายให้กับบัส i

Q_i คือ กำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟที่จ่ายให้กับบัส i

R_{ij} คือ ความต้านทานของสายส่งระหว่างบัส i และ j

V_i คือ แรงดันไฟฟ้าที่บัส i

δ_i คือ มุมทางไฟฟ้าที่บัส i

P_L คือ กำลังไฟฟ้าจริงที่สูญเสียในระบบ

P_{DGi} คือ กำลังไฟฟ้าจริงของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่บัส i

P_{Di} คือ กำลังไฟฟ้าจริงที่ต้องการในบัส i

X_i คือ ค่ารีแอคแตนซ์ที่บัส i

Y_i คือ ค่าแอดมิดแตนซ์ที่บัส i

2.6 วิธีกลุ่มอนุภาค (Particle Swarm Optimization)

วิธีกลุ่มอนุภาค นั้นเกิดจากแนวคิดที่ต้องการศึกษาและเลียนแบบการเคลื่อนที่ในการหาอาหารและการอยู่รวมกันเป็นกลุ่มของฝูงนก ฝูงปลาและฝูงแมลง วิธีกลุ่มอนุภาคนี้มีต้นกำเนิดมาจากความคิดของนักวิทยาศาสตร์ที่สนใจและสังเกตเกี่ยวกับพฤติกรรมการอยู่รวมกันเป็นฝูงหรือการอยู่รวมกันเป็นกลุ่มของสัตว์หลายชนิด สิ่งแรกที่นักวิทยาศาสตร์เหล่านี้ได้ศึกษาคือพฤติกรรมการอยู่รวมกันเป็นสังคมของสัตว์ชนิดนั้นๆ สำหรับสายพันธุ์ของสัตว์บางชนิด ฝูงหรือกลุ่มจะถูกควบคุมด้วยตัวที่เป็นจ่าฝูงซึ่งอาจมีลักษณะที่แข็งแรงและได้รับการยอมรับจากสมาชิกตัวอื่นๆในฝูง เช่น ฝูงสิงโต ฝูงลิงบาบูน เป็นต้นแต่ก็มีสัตว์บางสายพันธุ์ที่มีพฤติกรรมการอยู่รวมกันเป็นกลุ่มที่น่าสนใจแตกต่างออกไปคือ การอยู่รวมกันเป็นกลุ่มของฝูงนก ฝูงปลาและฝูงแมลง ความน่าสนใจของพฤติกรรมของสัตว์เหล่านี้คือการปรับตัวในการอยู่ร่วมกันในกลุ่มโดยไม่ต้องมีผู้นำมาคอยควบคุมสังคมการอยู่รวมกันเป็นกลุ่มของสัตว์เหล่านี้อาศัยการปรับตัวด้วยตัวเองตามสภาพแวดล้อมโดยอาศัยการเรียนรู้คุณลักษณะที่เหมาะสมของการอยู่ร่วมกันภายในกลุ่มเริ่มต้นจากปฏิสัมพันธ์ของอนุภาคต่ออนุภาคในกลุ่มย่อยจากกลุ่มย่อยรวมไปเป็นกลุ่มใหญ่

จากพฤติกรรมที่น่าสนใจนี้ ในปี 1995 อัลกอริทึมในการหาค่าเหมาะสมด้วยวิธีกลุ่มอนุภาคจึงถูกนำเสนอเป็นครั้งแรกโดย Kennedy และ Eberhart การหาคำตอบจะอาศัยทฤษฎีการเคลื่อนที่ในการหาอาหารและอยู่รวมกันเป็นกลุ่มของฝูงนก ฝูงปลาและฝูงแมลง กระบวนการหรือตัวดำเนินการ (Operators) ของวิธีกลุ่มอนุภาคนี้จะเป็นอัลกอรีทึมของการเรียนรู้ในการปรับตำแหน่งของแต่ละอนุภาคจนกระทั่งแต่ละอนุภาคอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมไม่มีการเคลื่อนที่ปัจจุบันวิธีกลุ่มอนุภาคนี้ได้นำไปประยุกต์ใช้กับแก้ปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุด (Optimal Solution) ในหลายๆแขนงวิชารวมถึงปัญหาระบบไฟฟ้ากำลัง เช่น ปัญหาการเลือกจ่ายพลังงานไฟฟ้าโดยคำนึงถึงหลักเศรษฐศาสตร์

(Economic Dispatch) ปัญหาการควบคุมให้เหมาะสม(Optimal Control) ปัญหาการวางแผนระบบไฟฟ้ากำลัง (Power System Planning) และปัญหาการหาค่าที่เหมาะสมอื่นๆ [13]

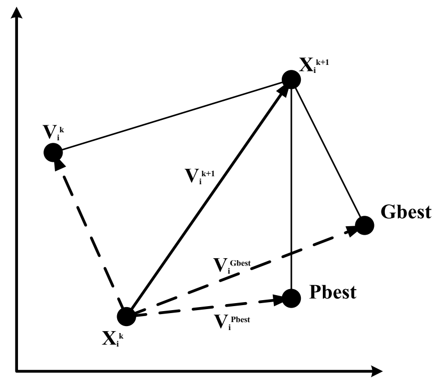
2.6.1 หลักการพื้นฐานของวิธีกลุ่มอนุภาค

จากที่กล่าวมาข้างต้นหลักการพื้นฐานของวิธีกลุ่มอนุภาคนั้นคือการอาศัยการเรียนรู้ของการเคลื่อนที่ในการหาอาหารและอยู่รวมกันเป็นกลุ่มของฝูงนก ฝูงปลาและฝูงแมลง ซึ่งต่อไปจะเรียกว่ากลุ่มอนุภาค (Swarm) อนุภาคเหล่านี้จะเรียนรู้และเคลื่อนที่ปรับเปลี่ยนตำแหน่งของตัวเองไปตามอนุภาคแวดล้อมที่อยู่ในตำแหน่งที่ดีและเหมาะสมกว่า เมื่อปรับเปลี่ยนตำแหน่งจนทุกอนุภาคอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมและมีการเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกันแล้วก็จะหยุดการปรับเปลี่ยนทิศทาง ดังจะเห็นได้จากตัวอย่าง การบินของฝูงนก การว่ายน้ำของฝูงปลาและการบินของฝูงแมลง แสดงให้เห็นตามรูปที่ 2.8

รูปที่ 2.8 การเคลื่อนที่ของฝูงนกและฝูงปลา [14]

2.6.2 อัลกอริทึมในการปรับตำแหน่งของวิธีกลุ่มอนุภาค

อัลกอริทึมของวิธีกลุ่มอนุภาคเป็นอัลกอริทึมที่ปรับตัวเองบนพื้นฐานของการเรียนรู้สถานการณ์และใช้ข้อมูลร่วมกัน อนุภาคที่อยู่ภายในกลุ่มจะปรับเปลี่ยนตำแหน่งโดยการอาศัยการเรียนรู้จากอนุภาคข้างเคียงที่อยู่ในตำแหน่งที่ให้ค่าที่ดีกว่าการปรับเปลี่ยนตำแหน่งของอนุภาคแสดงได้ตามรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 การเปลี่ยนตำแหน่งของกลุ่มอนุภาค

อัลกอริทึมที่สำคัญในการปรับตำแหน่งแสดงได้ตามสมการที่ (2.16) และสมการที่ (2.17) โดยสมการที่ (2.16) แสดงถึงความเร็ว (Velocity) ในการปรับเปลี่ยนตำแหน่งของอนุภาคและสมการที่ (2.17) แสดงถึงตำแหน่งใหม่ของอนุภาคหลังปรับเปลี่ยนตำแหน่งแล้ว

$$v_i^{t+1} = wv_{id}^t + n_1c_1(pbest_{id} - p_{id}^t) + n_2c_2(gbest_d - p_{id}^t) \qquad (2.16)$$

$$p_{id}^{t+1} = p_{id}^t + v_{id}^{t+1} \qquad (2.17)$$

โดยที่ v_{id}^{t+1} คือ ความเร็วในการเปลี่ยนตำแหน่งของอนุภาคที่ i ของตัวแปร d ในรอบการคำนวณที่ $t+1$

v_{id}^t คือ ความเร็วในการเปลี่ยนตำแหน่งของอนุภาคที่ i ของตัวแปร d ในรอบการคำนวณที่ t

$pbest_{id}$ คือ ตำแหน่งที่ดีที่สุดของอนุภาค i ของตัวแปร d

$gbest_d$ คือ ตำแหน่งที่ดีที่สุดในทุกๆอนุภาคของตัวแปร d

w คือ ค่าถ่วงน้ำหนัก

c_1, c_2 คือ ค่าคงที่

n_1, n_2 คือ ตัวเลขสุ่มระหว่าง 0 ถึง 1

p_{id}^t คือ ตำแหน่งของอนุภาคที่ i ของตัวแปร d ในรอบการคำนวณที่ t

p_{id}^{t+1} คือ ตำแหน่งของอนุภาคที่ i ของตัวแปร d ในรอบการคำนวณที่ $t+1$

จากสมการที่ (2.16) และสมการที่ (2.17) สามารถอธิบายการปรับเปลี่ยนตำแหน่งของอนุภาคได้ดังนี้ สมการที่ (2.16) นั้นเป็นสมการที่แสดงที่การปรับความเร็วในการเปลี่ยนตำแหน่งของแต่ละอนุภาคโดยประกอบไปด้วย 3 ส่วน ในส่วนแรกนั้นจะประกอบไปด้วยค่าถ่วงน้ำหนัก (w) คูณกับความเร็วของอนุภาคเดิม (v_{id}^t) ทำให้คำตอบเกิดความหลากหลายไม่ติดอยู่กับคำตอบเฉพาะที่เดิมๆ ในส่วนที่สองนั้นแต่ละอนุภาคจะปรับค่าความเหมาะสมของตัวเองในปัจจุบันกับค่าของอนุภาคที่ดีที่สุดเฉพาะที่เท่าที่มีอยู่ในขณะนั้นเราแทนอนุภาคที่ดีที่สุดเฉพาะที่ด้วยตัวแปร $pbest_{id}$ ส่วนสุดท้ายเป็นส่วนที่แต่ละอนุภาคจะปรับค่าเหมาะสมของตัวเองในปัจจุบันกับค่าของอนุภาคที่ดีที่สุดของกลุ่มอนุภาคในรุ่นนั้นเราแทนอนุภาคที่ดีที่สุดในกลุ่มว่า $gbest_d$

ในการกำหนดค่าตัวแปรในวิธีกลุ่มอนุภาคนั้น มีความสำคัญในการลู่เข้าของคำตอบเป็นอย่างยิ่งจึงต้องกำหนดค่าตัวแปรต่างๆให้มีความเหมาะสมกับปัญหาดังจะกล่าวต่อไปนี้

1) ค่าถ่วงน้ำหนัก (w) ค่าถ่วงน้ำหนักนี้จะทำให้คำตอบมีความหลากหลายไม่ตกอยู่กับคำตอบเฉพาะที่ ค่าถ่วงน้ำหนักที่เหมาะสมจะทำให้การค้นหาคำตอบมีความสมดุลระหว่างการหา

คำตอบเฉพาะที่และการค้นหาคำตอบจากขอบเขตทั้งหมด ซึ่งจะทำให้รอบในการค้นหาคำตอบน้อยลงโดยทั่วไปขอบเขตของค่าถ่วงน้ำหนักนี้จะถูกกำหนดอยู่ระหว่าง 0.4 กับ 0.9 โดยสมการในการปรับค่าถ่วงน้ำหนักนี้แสดงได้ตามสมการที่ (2.18)

$$w = w_{\max} - \frac{w_{\max} - w_{\min}}{k} t \tag{2.18}$$

โดยที่ $w_{\max}$ คือ ขอบเขตบนของค่าถ่วงน้ำหนัก

$w_{\min}$ คือ ขอบเขตล่างของค่าถ่วงน้ำหนัก

k คือ รอบการคำนวณทั้งหมด

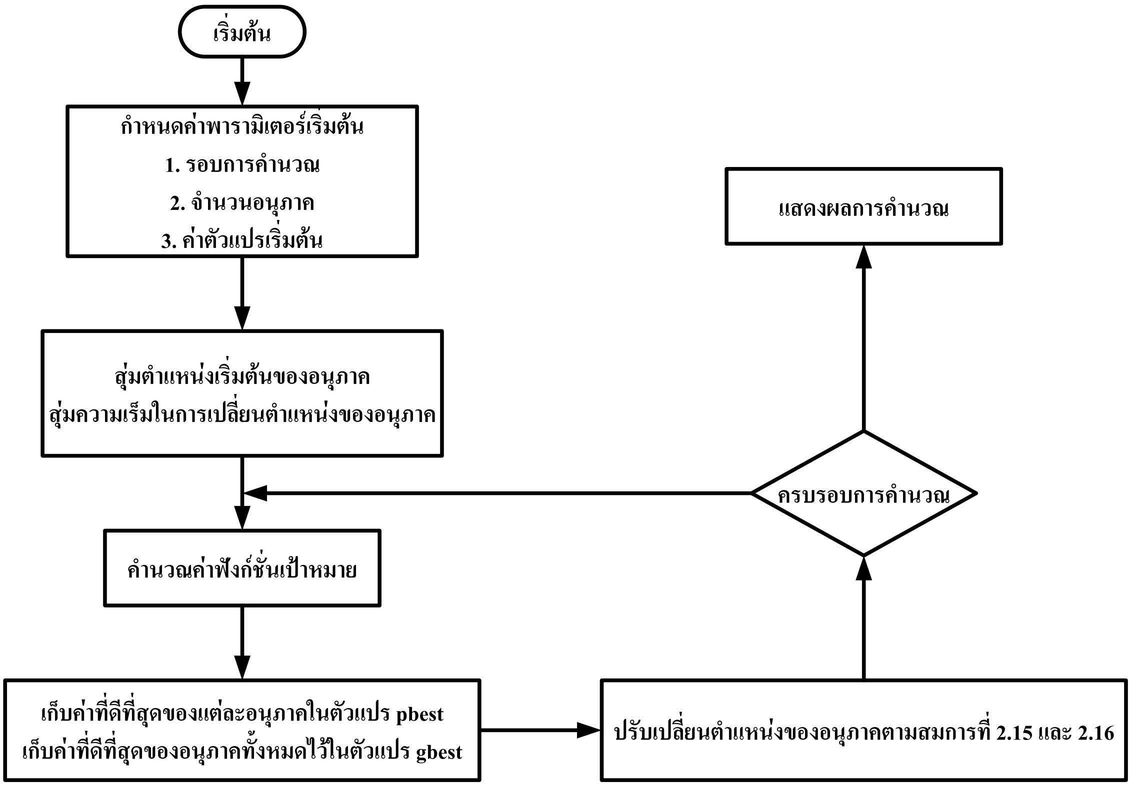
t คือ รอบการคำนวณปัจจุบัน

2) ค่าคงที่ความเร่ง (c_1, c_2) ค่าคงที่ความเร่ง c1 และ c2 มีผลต่อความเร็วในการลู่เข้าสู่คำตอบโดย c1 มีผลต่อการลู่เข้าสู่คำตอบที่ดีของตำแหน่งในปัจจุบันและ c2 มีผลต่อการลู่เข้าสู่คำตอบที่ดีที่สุดของตำแหน่งในปัจจุบัน การกำหนดค่าคงที่ทั้งสองนี้มีความสำคัญโดยปกติจะกำหนดให้มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 4

- กำหนดให้ค่าคงที่ c1 และ c2 มีค่าสูงทั้งคู่ การกำหนดให้ค่าคงที่ c1 และ c2 มีค่าสูงทั้งคู่นั้นจะส่งผลให้การค้นหาคำตอบเกิดการเคลื่อนที่ผ่านเป้าหมายไปเนื่องจากอนุภาคมีอัตราเร่งในการเคลื่อนที่สูง เพราะฉะนั้นการที่อนุภาคมีอัตราเร่งในการเคลื่อนที่สูงอาจทำให้ไม่เจอคำตอบ
- กำหนดให้ค่าคงที่ c1 และ c2 มีค่าต่ำทั้งคู่ การกำหนดให้ค่าคงที่ c1 และ c2 มีค่าสูงทั้งคู่นั้นจะส่งผลให้การค้นหาคำตอบห่างไกลจากเป้าหมายเนื่องจากอนุภาคมีอัตราเร่งในการเคลื่อนที่ต่ำจึงวนอยู่กับคำตอบเฉพาะที่ ไม่สามารถข้ามผ่านไปสู่จุดที่ให้คำตอบที่ดีกว่าได้
- กำหนดให้ค่าคงที่ c1 มีค่าสูงและ c2 มีค่าต่ำ การกำหนดค่าคงที่แบบนี้จะทำให้เกิดการค้นหาคำตอบในแต่ละพื้นที่เป็นแบบกระจัดกระจายไม่เป็นรูปแบบที่สอดคล้องกันทำให้ไม่สามารถลู่เข้าสู่คำตอบที่ดีได้
- กำหนดให้ค่าคงที่ c1 มีค่าต่ำและ c2 มีค่าสูง การกำหนดค่าคงที่แบบนี้จะทำให้การค้นหาคำตอบลู่เข้าสู่คำตอบอย่างรวดเร็วแต่คำตอบที่ได้ส่วนใหญ่จะเป็นคำตอบเฉพาะที่จะเห็นได้ว่าการกำหนดค่าคงที่ c1 และ c2 นั้นมีผลในการลู่เข้าสู่คำตอบดังนั้นจึงต้องกำหนดค่าให้เหมาะสม ที่นิยมใช้กันคือค่าคงที่ c1 และ c2 มีค่าเท่ากับ 2 ในส่วนของการกำหนดจำนวนอนุภาคในการคำนวณนั้นจะมีค่าอยู่ระหว่าง 10 ถึง 100 แล้วแต่ความเหมาะสมของปัญหาจำนวนรอบสูงสุดที่ใช้โดยทั่วไปประมาณ 500 รอบ

2.6.3 แบบจำลองของวิธีกลุ่มอนุภาคในการหาคำตอบที่ดีที่สุด

หลักการและอัลกอริทึมของวิธีกลุ่มอนุภาคที่กล่าวมาข้างต้นนั้นนั้นเราสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาเพื่อคำตอบที่ดีที่สุดได้โดยเราเริ่มจากสร้างฟังก์ชันเป้าหมายและใช้การปรับเปลี่ยนตำแหน่งของอนุภาคในสมการข้างต้นเพื่อให้ได้คำตอบที่ดีที่สุด สามารถแสดงขั้นตอนการคำนวณได้ตามรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 ขั้นตอนการคำนวณหาคำตอบโดยวิธีกลุ่มอนุภาค

2.7 สรุป

การศึกษาทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการปรับปรุงเสถียรภาพแรงดันไฟฟ้าในระบบจำหน่ายไฟฟ้านั้น จะศึกษาเกี่ยวกับทฤษฎีเสถียรภาพของระบบไฟฟ้า, การคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้า, คาปาซิเตอร์, เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก, ระบบทดสอบ IEEE 33 BUS และวิธีการกลุ่มอนุภาค เพื่อนำทฤษฎีต่างๆมาประยุกต์ใช้สำหรับการศึกษาวิธีการปรับปรุงเสถียรภาพแรงดันไฟฟ้าในระบบจำหน่าย 22 kV ในพื้นที่จังหวัดจันทบุรีต่อไป

บทที่ 3
วิธีดำเนินงานวิจัย

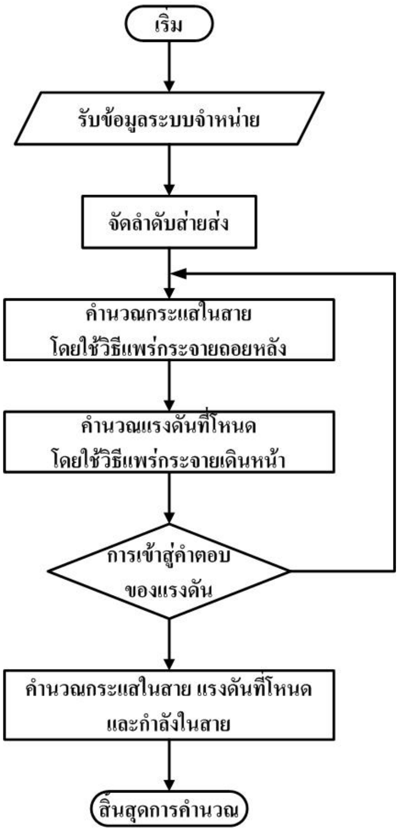
งานวิจัยนี้นำเสนอถึงการศึกษาและปรับปรุงความเสถียรภาพของแรงดันไฟฟ้าในระบบจำหน่ายไฟฟ้าในพื้นที่จังหวัดจันทบุรี โดยใช้วิธีกลุ่มอนุภาคในการค้นหาขนาด และตำแหน่งติดตั้งที่เหมาะสมของคาปาซิเตอร์ หรือเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก และใช้โปรแกรม MATLAB ในการในการวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 การวิเคราะห์การไหลของกำลังไฟฟ้าในระบบจำหน่าย

การวิเคราะห์การไหลของกำลังไฟฟ้าในระบบจำหน่ายมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากระบบจำหน่ายจะต้องคำนึงถึงคุณภาพของแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับผู้ใช้ไฟฟ้าในระบบ ซึ่งการวิเคราะห์การไหลของกำลังไฟฟ้าจะช่วยให้ทราบถึงระดับของแรงดัน และกำลังไฟฟ้าในระบบ และสามารถนำข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อวางแผนปรับปรุงระบบให้มีประสิทธิภาพดีขึ้นได้อีกด้วย

ในงานวิจัยนี้ได้วิเคราะห์ระบบจำหน่ายไฟฟ้าในจังหวัดจันทบุรี ซึ่งเป็นระบบจำหน่ายแบบเรเดียล จึงเลือกใช้ระบบ IEEE 33 BUS ซึ่งเป็นระบบจำหน่ายแบบเรเดียลเป็นระบบทดสอบ และเลือกใช้การวิเคราะห์แบบ Forward / Backward Sweep ในการวิเคราะห์เนื่องจากเป็นวิธีที่เหมาะสมกับระบบจำหน่ายแบบเรเดียล และมีความยุ่งยากน้อยกว่าวิธีเก๊าไซเดล และวิธีนิวตันราฟสัน [15]

การวิเคราะห์การไหลของกำลังไฟฟ้าในระบบจำหน่ายโดยวิธี Forward/Backward Sweep มีขั้นตอนดังนี้



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการวิเคราะห์การไหลของกำลังไฟฟ้าโดยวิธี Forward/Backward Sweep

3.1.1 ข้อมูลในระบบจำหน่าย

ในการวิเคราะห์การไหลของกำลังไฟฟ้าในระบบจำหน่ายนั้น ขั้นต้นจะต้องทราบค่าข้อมูลต่างของระบบจำหน่ายคือ แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า จำนวนโหนด ค่าพารามิเตอร์ของสายตัวนำในแต่ละสาขา และค่ากำลังไฟฟ้าของโหลดในแต่ละโหนด

แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า คือ หม้อแปลงกำลังไฟฟ้าที่สถานีจำหน่ายไฟฟ้า กำหนดให้เป็นแหล่งจ่ายแรงดันคงที่ เรียกว่า รูตโหนด ใช้เป็นบัสอ้างอิง

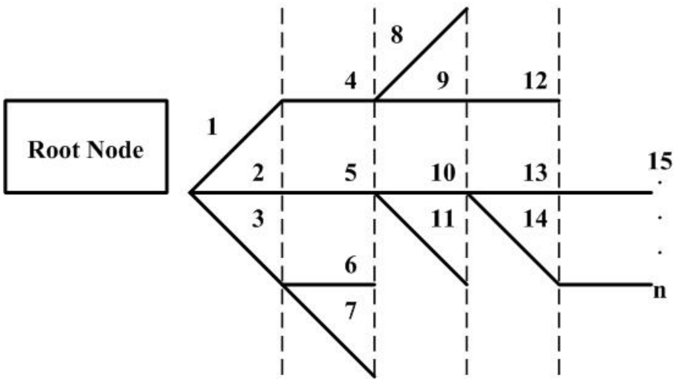
โหนด หรือ บัส คือ จุดต่อร่วมของสาขา ตั้งแต่สองสาขาขึ้นไป สำหรับระบบจำหน่ายแทน จุดต่อแยกของสายย่อยหรือจุดที่เป็นตำแหน่งหม้อแปลงจำหน่าย

สาขา คือ สายตัวนำที่ต่อระหว่างโหนดสองโหนดใดๆ ค่าพารามิเตอร์ที่ต้องการ คือ ค่าความต้านทาน และค่ารีแอคแตนซ์ มีหน่วยเป็นโอห์มต่อหน่วยความยาว ค่าความต้านทานและค่ารีแอคแตนซ์รวมของตัวนำแต่สาขาหาได้เมื่อทราบความยาวของสาย ค่าพารามิเตอร์ทั้งสองแปลงให้อยู่ในรูปต่อหน่วย (Per Unit)

โหลด คือ ค่ากำลังไฟฟ้าของโหลด แทนด้วยกำลังไฟฟ้าจริงและค่ากำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟ ทั้งสองค่าคิดจากเปอร์เซ็นต์การจ่ายโหลดจริงเทียบกับพิกัดกำลังของหม้อแปลงแต่ละตัว

3.1.2 การจัดลำดับสายส่ง

ในระบบจำหน่าย ขนาดแรงดันและมุมเฟสที่บัสอ้างอิง จะกำหนดให้มีค่าคงที่ ส่วนค่าแรงดันและมุมเฟสของแรงดันที่บัสอื่นนั้นเป็นตัวแปรที่ต้องคำนวณหา เมื่อรับข้อมูลระบบจำหน่ายมาแล้ว เราต้องจัดลำดับสายส่ง โดยการจัดลำดับนี้จะเริ่มจากด้านต้นสายส่งเป็นลำดับไปดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 การจัดลำดับสายส่ง

3.1.3 การคำนวณค่ากระแสแต่ละสาขาโดยวิธี Backward Sweep

เมื่อจัดลำดับสายส่งเรียบร้อยแล้ว ก็เข้าสู่การคำนวณกระแสในสาย โดยเราจะเริ่มจากกระแสที่โหนด จะมีค่าเป็น

$$I_i^k = \left(\frac{S_i}{V_i^{(k-1)}}\right) - Y_i V_i^{(k-1)} \tag{3.1}$$

โดยที่ S_i คือ กำลังไฟฟ้าที่โหนด i $(S_i = P_i \pm jQ_i)$

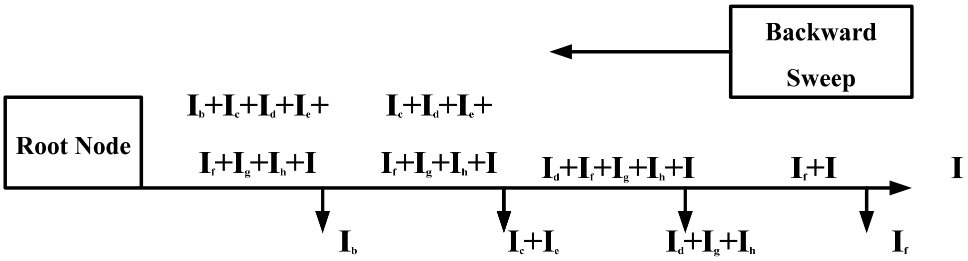
Y_i คือ ผลรวมของแอตมิตแตนซ์ส่วนลงดินทั้งหมดที่โหนด i

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

การคำนวณกระแสนี้เริ่มจาก ให้ขนาดแรงดันเป็น 1 pu. และมุมแรงดันเป็นศูนย์ ที่ทุกๆ โหนดส่วนของการคำนวณกระแสในสายจะเริ่มจาก การคำนวณที่เรียกว่า Backward Sweep โดยที่รอบคำนวณที่ k เราจะคำนวณกระแส J ในสายที่สุดท้ายเรื่อยเข้าสู่รูตโหนด (Root Node) หรือรูตบัส (Root Bus) โดยกระแสที่สาย L หาได้จาก

$$J_L^k = -I_{L2}^k + \sum(Current \quad form \quad Node \quad L2) \tag{3.2}$$

ซึ่งการหาค่ากระแสในสายดังสมการที่ (3.2) อาจเขียนเป็นรูปภาพได้ดังรูปที่ 3.3 โดยกระแสจะถูกเริ่มหาจากปลายสาย



รูปที่ 3.3 กระแสในระบบจำหน่ายแต่ละช่วง

3.1.4 การคำนวณแรงดันที่โหนดโดยวิธี Forward Sweep

การคำนวณแรงดันจะมีลักษณะการแพร่กระจายแบบเดินหน้า เริ่มต้นจากบัสอ้างอิง โดยที่ค่าแรงดันกำหนดให้มีค่าคงที่และมุมเฟสเป็นศูนย์ ส่วนค่าแรงดันและมุมเฟสของแรงดันที่บัสอื่นๆ ถัดไปจากบัสอ้างอิงในรอบคำนวณที่ k จะถูกคำนวณค่าแรงดันที่บัส เรื่อยไปสู่บัสสุดท้ายด้วยสมการที่ 3.3

$$V_{L2}^k = V_{L1}^k - Z_L J_L^k \tag{3.3}$$

โดยที่ Z_L คือ ค่าอิมพีแดนซ์สายส่งระหว่างโหนด L_1, L_2

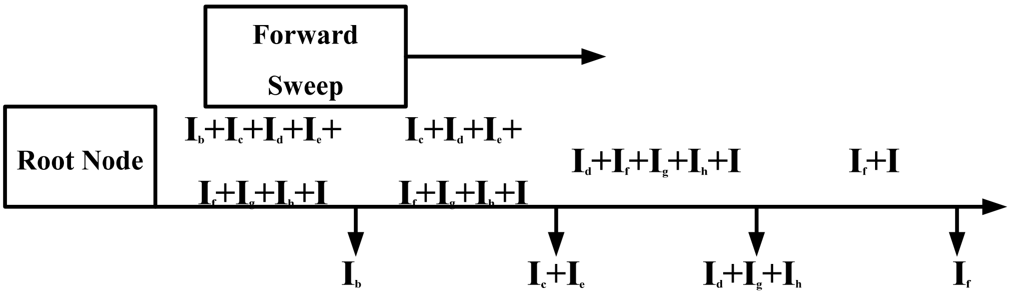
L_1 คือ บัสต้นทาง

L_2 คือ บัสปลายทาง

V_{L1}^k คือ แรงดันที่บัสต้นทาง

J_L^k คือ กระแสในสายส่งช่วง L

จากสมการที่ (3.3) สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 การคำนวณแรงดันของระบบโดยวิธี Forward Sweep

3.1.5 การเข้าสู่คำตอบของแรงดัน

การคำนวณค่ากระแสแบบแพร่กระจายถอยหลังและการคำนวณค่าแรงดันแบบการแพร่กระจายเดินหน้าจะกระทำในลักษณะเวียนซ้ำ ในแต่ละรอบการคำนวณจะตรวจสอบค่า Mismatch ของค่าแรงดันในแต่ละบัสดังแสดงในสมการที่ 3.4

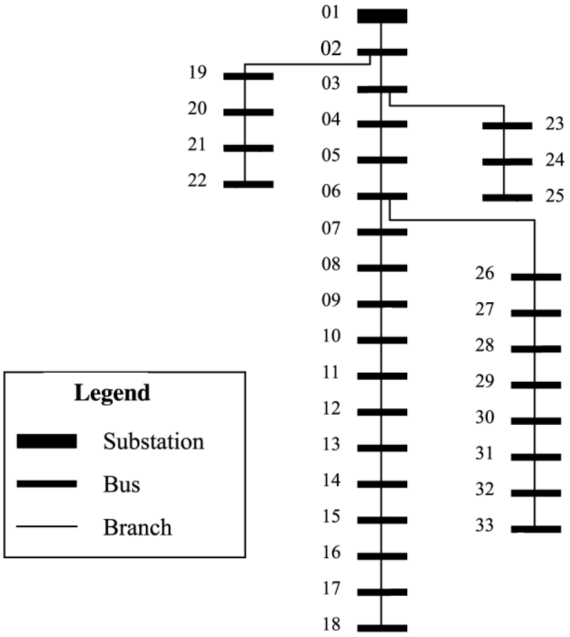
$$\Delta V_j^k = V_j^k - V_j^{k-1} \qquad (3.4)$$

โดยที่ ΔV_j^k คือ ค่าความคลาดเคลื่อนของแรงดันที่ยอมรับได้

V_j^k, V_j^{k-1} คือ แรงดันที่บัส j ในรอบคำนวณที่ k และ $k-1$

3.2 ระบบจำหน่ายทดสอบ IEEE 33 BUS

ระบบที่นำมาทดสอบและใช้สำหรับอ้างอิงในงานวิจัยนี้ คือ ระบบส่งจ่าย IEEE 33 BUS ซึ่งเป็นระบบส่งจ่ายแบบเรเดียลเช่นเดียวกับระบบจำหน่ายไฟฟ้าในพื้นที่ จังหวัดจันทบุรี โดยจะนำเอาค่าพารามิเตอร์ของระบบมาวิเคราะห์การไหลของกำลังไฟฟ้าในระบบด้วยวิธี Forward/Backward Sweep โดยจะใช้โปรแกรม MATLAB ช่วยในการวิเคราะห์ คำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าในระบบ เพื่อหาค่าแรงดัน และกำลังไฟฟ้าสูญเสียในสายส่ง และบัสต่างๆ [16]

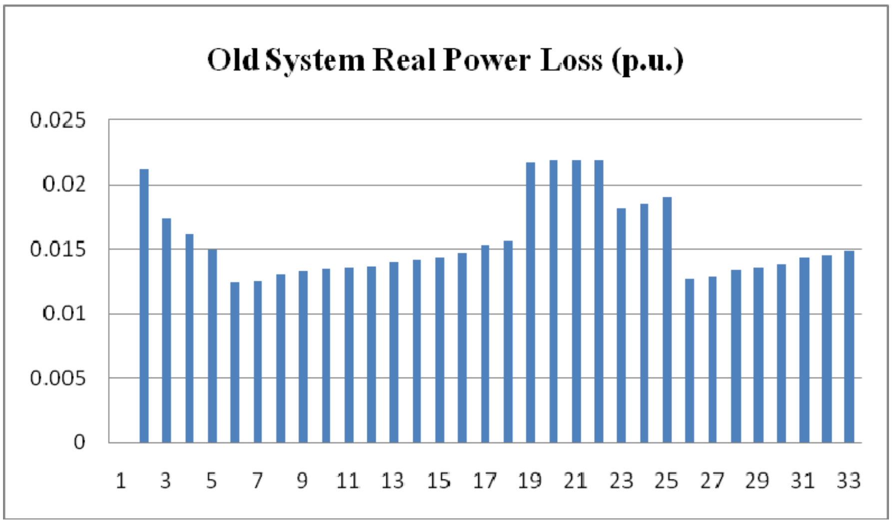


รูปที่ 3.5 ระบบทดสอบ IEEE 33 BUS

จากรูปที่ 3.5 แสดงถึงลักษณะของระบบทดสอบ IEEE 33 Bus ที่นำมาใช้เป็นระบบอ้างอิง โดยมีลักษณะของระบบเป็นแบบเรเดียล

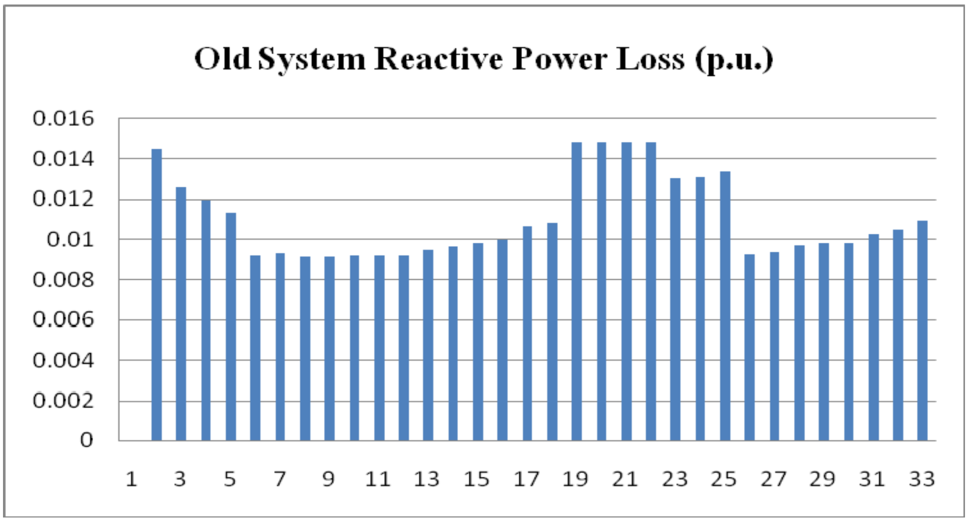
3.2.1 ผลการทดสอบระบบ IEEE 33 Bus

จากการทดสอบระบบ IEEE 33 Bus เมื่อคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าในระบบ พบว่าค่ากำลังไฟฟ้าจริง และกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟที่สูญเสียในระบบเท่ากับ 221.436 kW และ 150.178 kVar ตามลำดับ



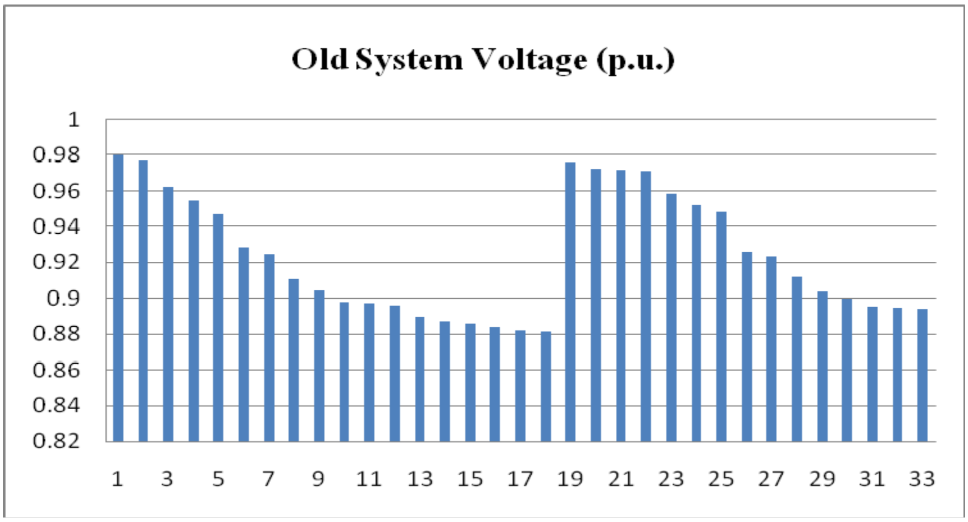
รูปที่ 3.6 กำลังไฟฟ้าจริงที่สูญเสียในระบบ

จากรูปที่ 3.6 แสดงถึงกำลังไฟฟ้าจริงที่สูญเสียในตำแหน่งบัสต่างๆ ก่อนที่จะปรับปรุงระบบโดยการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก



รูปที่ 3.7 กำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟที่สูญเสียในระบบ

จากรูปที่ 3.6 และ 3.7 จะเห็นได้ว่า กำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบจะขึ้นอยู่กับพารามิเตอร์ของสายส่ง และแรงดันไฟฟ้าในบัสต่างๆ



รูปที่ 3.8 แรงดันไฟฟ้าในระบบ

รูปที่ 3.8 แสดงให้เห็นถึงแรงดันที่บัสต่างๆ ก่อนปรับปรุง โดยบัสที่มีแรงดันสูงที่สุดคือบัสที่ 2 และ19 ส่วนบัสที่มีแรงดันต่ำที่สุดคือบัสที่ 18

จากนั้นนำข้อมูลที่ได้จากการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าในระบบเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการคำนวณหาขนาด และตำแหน่งติดตั้งที่เหมาะสมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก โดยวิธีกลุ่มอนุภาค ซึ่งผลจากการคำนวณได้ผลลัพธ์ดังตารางที่ 3.1

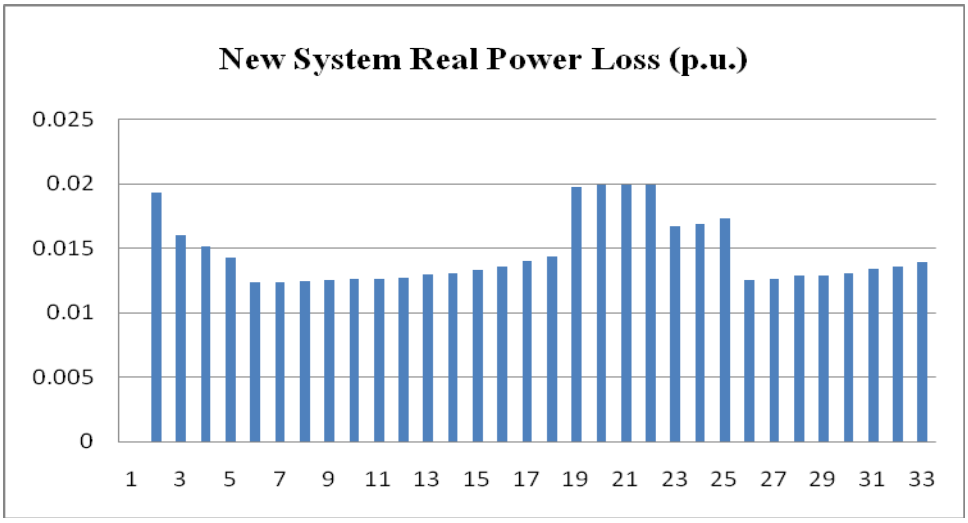
ตารางที่ 3.1 ผลการคำนวณหาขนาดและตำแหน่งติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กในระบบทดสอบ

BUS	DG Size MW	Ploss kW	Qloss kVar	Voltage kV
6	2.4939	124.4851	91.6421	11.7513
7	2.3801	124.6874	93.1408	11.7055
26	2.3545	126.4449	92.4826	11.7262
27	2.1892	128.9008	93.6378	11.693
8	1.7321	129.9649	91.0954	11.5283

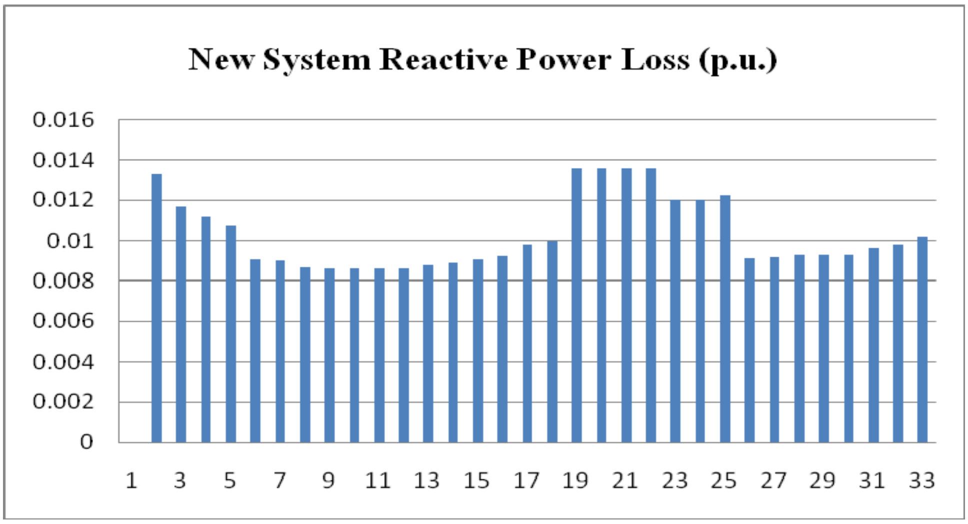
หลังจากนั้นนำขนาดและตำแหน่งติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กที่ได้จากการคำนวณกลับไปป้อนข้อมูลในระบบทดสอบ และทำการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าในระบบอีกครั้งหนึ่ง

ซึ่งผลที่ได้หลังจากการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กในระบบทอสอบ พบว่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบมีค่าลดลงทั้งกำลังไฟฟ้าจริง และกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟ และในส่วนของแรงดันไฟฟ้าในระบบพบว่า แรงดันไฟฟ้าในแต่ละบัสมีค่าสูงขึ้น

รูปที่ 3.9 กำลังไฟฟ้าจริงที่สูญเสียในระบบทดสอบ หลังจากติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแล้ว มีค่าสูญเสียลดลงอย่างเห็นได้ชัด

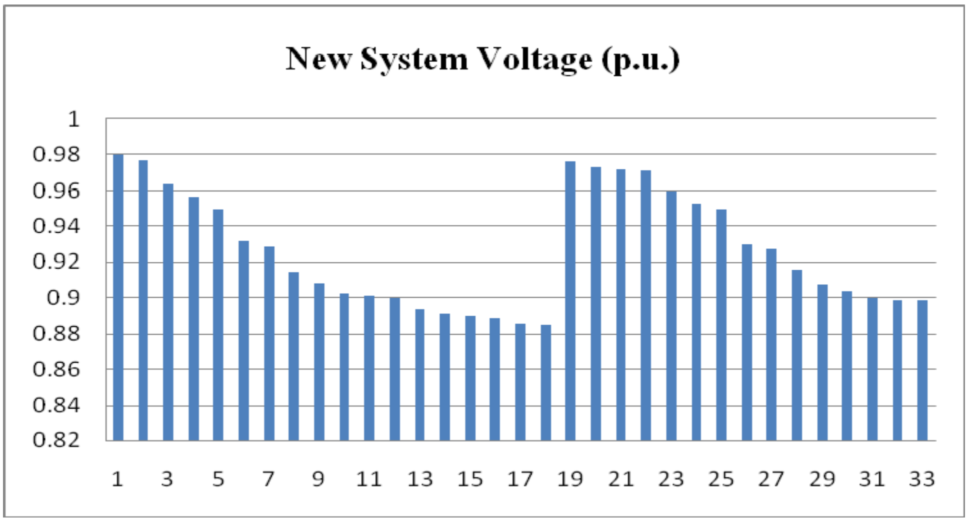


รูปที่ 3.9 กำลังไฟฟ้าจริงที่สูญเสียในระบบหลังติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้า



รูปที่ 3.10 กำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟที่สูญเสียในระบบหลังติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

จากรูปที่ 3.10 กำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟที่สูญเสียในระบบหลังติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนที่จะติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้า



รูปที่ 3.11 แรงดันไฟฟ้าในระบบหลังติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

หลังจากติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเข้ากับระบบทดสอบในตำแหน่งบัสที่ 6 แล้ว กำลังไฟฟ้าที่สูญเสียในระบบลดลง และยังทำให้แรงดันไฟฟ้าในบัสต่างๆมีค่าเพิ่มขึ้น

ผลจากการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในระบบทดสอบ พบว่าค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบทั้งค่ากำลังไฟฟ้าจริง และกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟมีค่าลดลงเหลือเพียง 201.514 kW และ 137.657 kVar ซึ่งสามารถลดกำลังไฟฟ้าจริงที่สูญเสียในระบบลงได้ 8.99 % และสามารถลดกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟที่สูญเสียในระบบลงได้ 8.26 %

3.3 การหาขนาด และตำแหน่งติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กโดยวิธีกลุ่มอนุภาค

การหาขนาด และตำแหน่งติดตั้งที่เหมาะสมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กโดยใช้วิธีกลุ่มอนุภาคสมารถทำได้ตามขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 อ่านข้อมูลของระบบจำหน่ายที่นำมาทดสอบประกอบไปด้วยข้อมูลสายป้อน ข้อมูลโหลด กำลังไฟฟ้าฐาน แรงดันไฟฟ้าฐาน และพารามิเตอร์เริ่มต้นของวิธีกลุ่มอนุภาค

ขั้นตอนที่ 2 สุ่มหมายเลขบัสและขนาดที่ติดตั้ง

ขั้นตอนที่ 3 คำนวณฟังก์ชันเป้าหมาย

ขั้นตอนที่ 4 เก็บค่าที่ดีที่สุดของฟังก์ชันเป้าหมายไว้

ขั้นตอนที่ 5 ปรับเปลี่ยนหมายเลขบัสและขนาดติดตั้งของคาปาซิเตอร์โดยใช้อัลกอริทึมของวิธีกลุ่มอนุภาค

ขั้นตอนที่ 6 ตรวจสอบจำนวนรอบการคำนวณถ้ายังไม่ครบกลับไปทำขั้นตอนที่ 3

ขั้นตอนที่ 7 ตรวจสอบระดับโหลดถ้ายังไม่ครบกลับไปทำขั้นตอนที่ 2

ขั้นตอนที่ 8 เก็บตำแหน่งบัสของระดับโหลดที่ให้เปอร์เซ็นต์การลดลงของค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียมากที่สุดไว้

ขั้นตอนที่ 9 นำตำแหน่งบัสที่ได้จากขั้นตอนที่ 8 มาสุ่มหาขนาดติดตั้งอีกครั้งหนึ่ง

ขั้นตอนที่ 10 คำนวณฟังก์ชันเป้าหมาย โดยคำนวณหากำลังไฟฟ้าสูญเสีย

ขั้นตอนที่ 11 เก็บค่าที่ดีที่สุดของฟังก์ชันเป้าหมายไว้

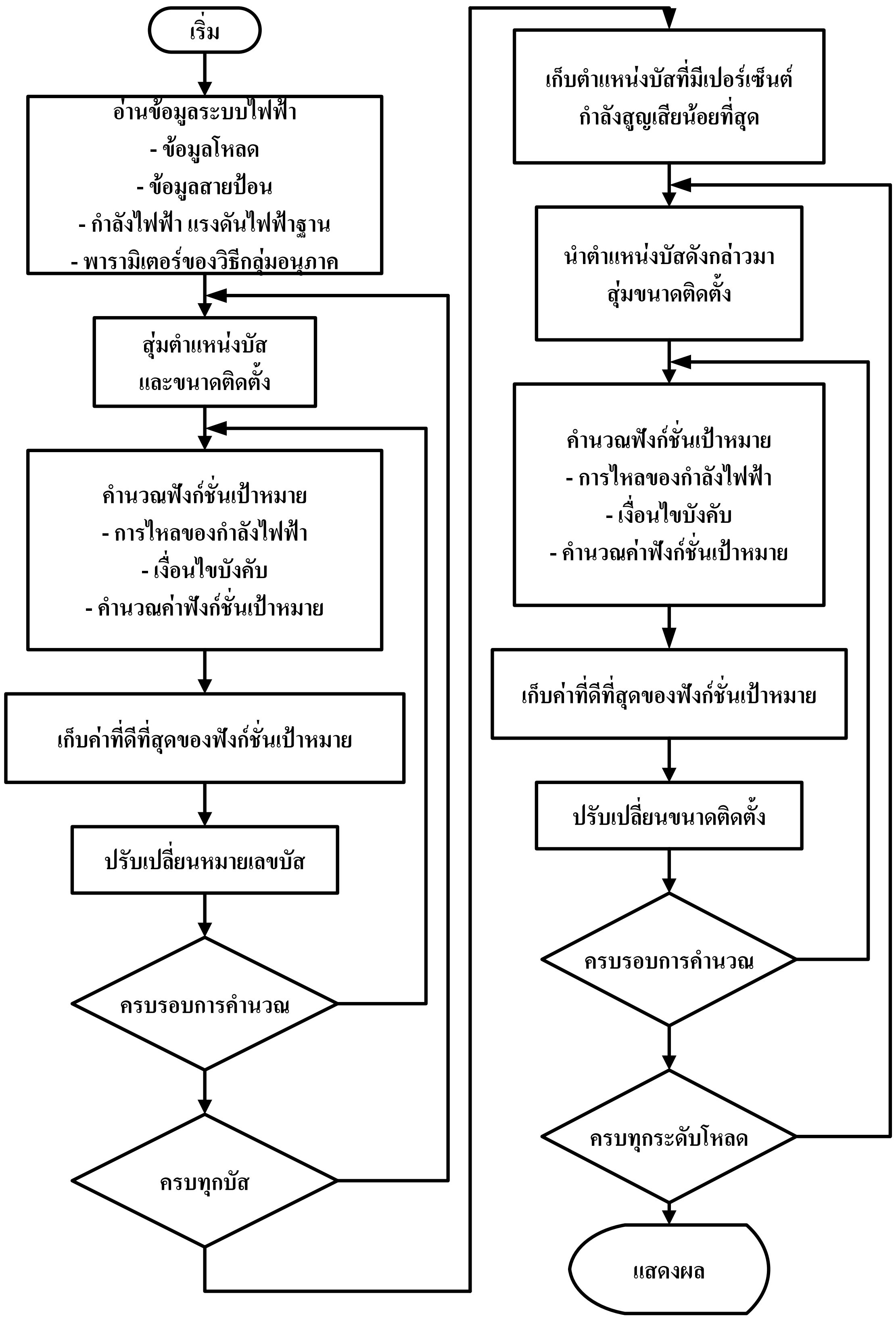
ขั้นตอนที่ 12 ปรับเปลี่ยนขนาดติดตั้งของคาปาซิเตอร์โดยใช้อัลกอริทึมของวิธีกลุ่มอนุภาค

ขั้นตอนที่ 13 ตรวจสอบจำนวนรอบการคำนวณถ้ายังไม่ครบกลับไปทำขั้นตอนที่ 10

ขั้นตอนที่ 14 ตรวจสอบระดับโหลดถ้ายังไม่ครบกลับไปทำขั้นตอนที่ 9

ขั้นตอนที่ 15 แสดงผลการคำนวณ

จากขั้นตอนการการคำนวณสามารถอธิบายได้ดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.12 การหาขนาด และตำแหน่งติดตั้งที่เหมาะสมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก

3.4 สรุป

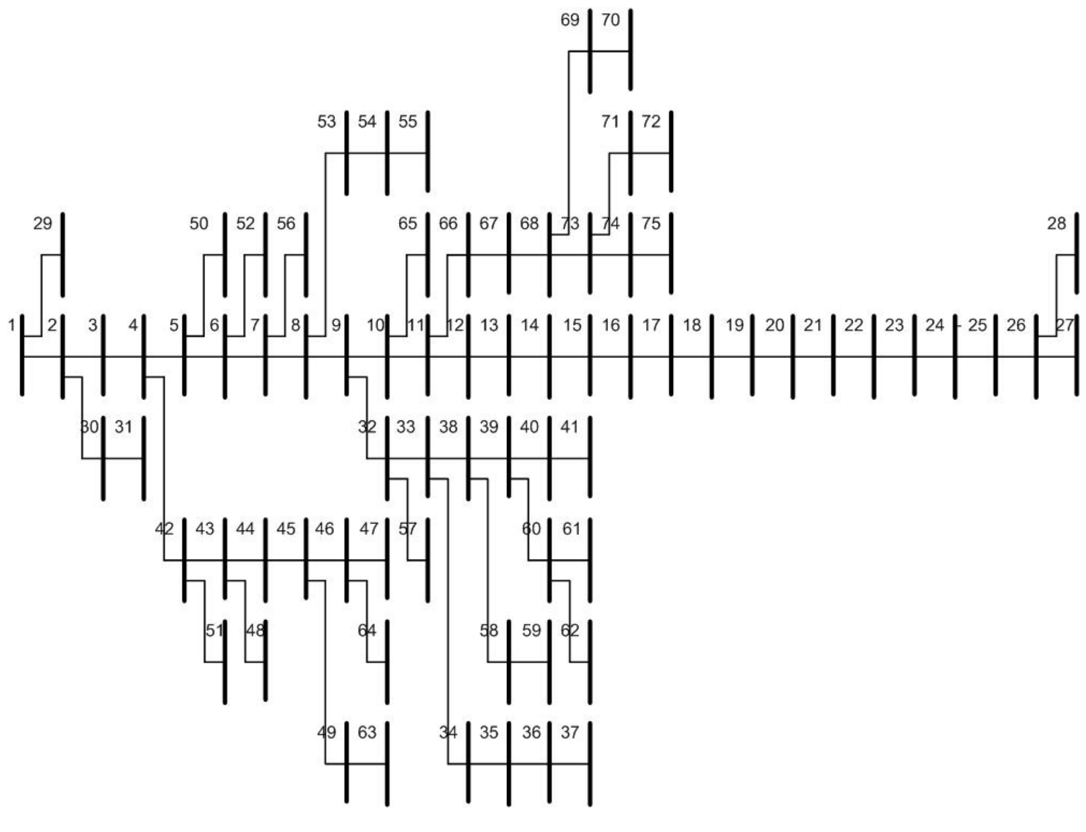
ในงานวิจัยนี้ได้ใช้ระบบทดสอบ IEEE 33 BUS เป็นระบบทดสอบ โดยทำการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าในระบบเพื่อหากำลังไฟฟ้าสูญเสียที่เกิดขึ้น โดยได้เลือกใช้วิธี Forward/Backward Sweep ในการคำนวณ เนื่องจากเป็นวิธีที่นิยมใช้กับระบบจำหน่ายไฟฟ้าแบบเรเดียลมากที่สุด หลังจากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาขนาด และตำแหน่งที่เหมาะสมในการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กเข้ากับระบบทดสอบ โดยใช้วิธีกลุ่มอนุภาคในการคำนวณแล้วนำผลลัพธ์ที่ได้กลับไปป้อนยังระบบทดสอบ และคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าในระบบอีกครั้งหนึ่งเพื่อหาค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบ ผลจากการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กพบว่าสามารถลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบทั้งค่ากำลังไฟฟ้าจริง และกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟลงได้ถึง 8.99% และ 8.26%

บทที่ 4
ผลการทดลอง

ระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้ คือ ระบบจำหน่ายไฟฟ้า 22 kV จังหวัดจันทบุรี โดยนำข้อมูลต่างๆของระบบมาคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าระบบ เพื่อนำค่าพารามิเตอร์จากเพื่อพิจารณาถึงการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กเข้ากับระบบจำหน่าย โดยใช้วิธีการเคลื่อนที่ของกลุ่มอนุภาคช่วยในการคำนวณหาขนาด และตำแหน่งติดตั้งที่เหมาะสมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก ซึ่งในการทำวิจัยในครั้งนี้ได้เลือกใช้โปรแกรม MATLAB เพื่อช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูล

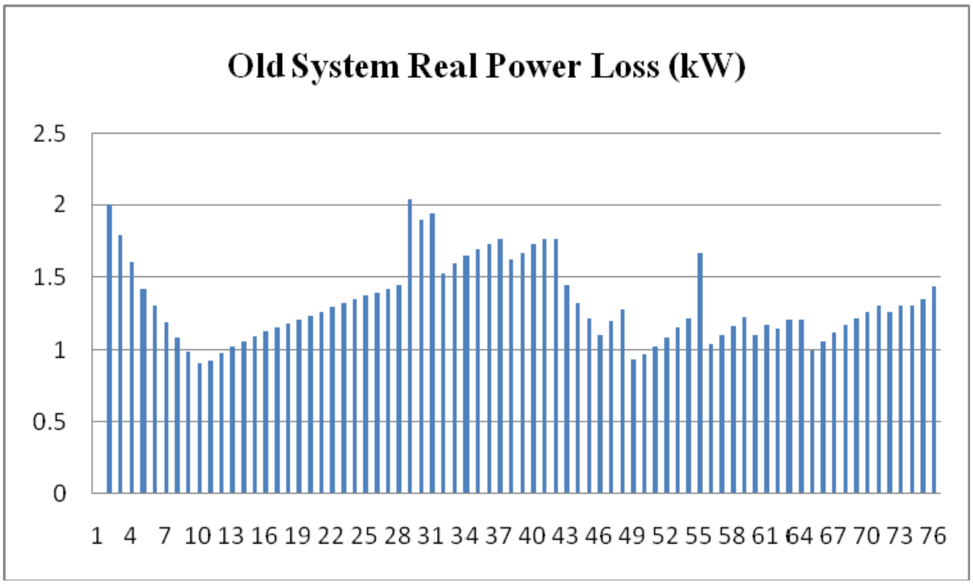
โดยระบบจำหน่ายไฟฟ้าจังหวัดจันทบุรีได้แบ่งระบบจำหน่ายออกเป็น 6 เขต คือ อำเภอเมือง อำเภอท่าใหม่ อำเภอแหลมสิงห์ อำเภอขลุง อำเภอสอยดาว และอำเภอแก่งหางแมว

4.1 ระบบจำหน่ายไฟฟ้าเขตอำเภอท่าใหม่

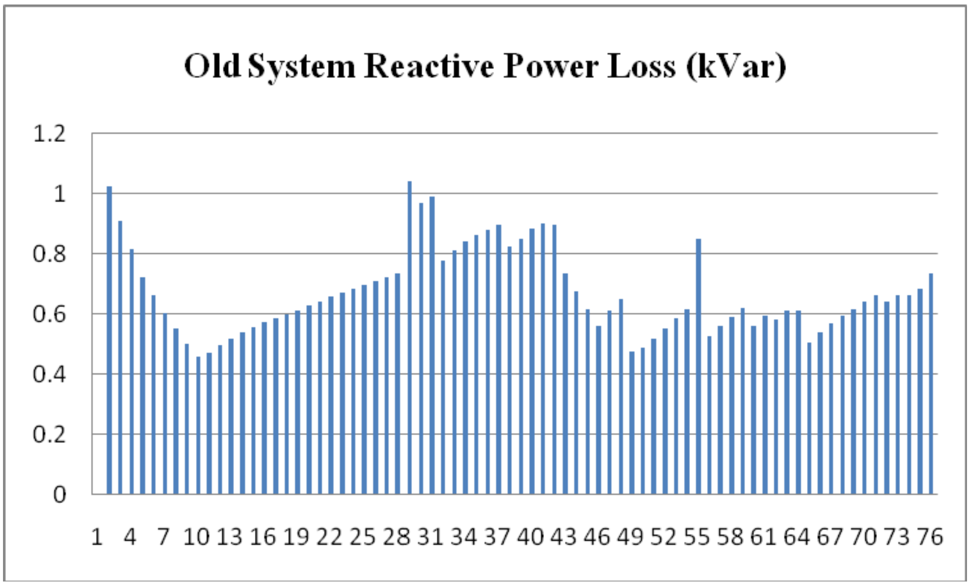


รูปที่ 4.1 ระบบจำหน่าย 22 kV เขต อำเภอท่าใหม่

จากการวิเคราะห์การไหลของกำลังไฟฟ้าในระบบจำหน่าย 22 kV เขตอำเภอท่าใหม่ โหลดในระบบทั้งหมด 36,981 kVA พบว่ามีกำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟสูญเสียในระบบจำหน่ายเท่ากับ 2.05 kW และ 1.04 kVar ตามลำดับ และมีค่าแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยในระบบอยู่ที่ 21.49 kV

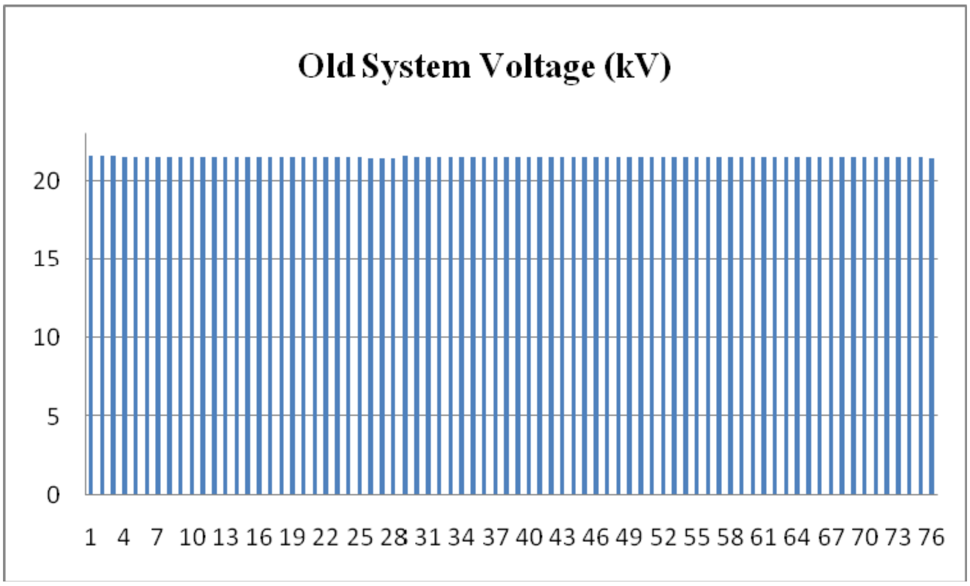


รูปที่ 4.2 กำลังไฟฟ้าจริงที่สูญเสียในระบบจำหน่ายอำเภอท่าใหม่



รูปที่ 4.3 กำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟที่สูญเสียในระบบจำหน่ายอำเภอท่าใหม่

จากรูปที่ 4.2 และ 4.3 ซึ่งแสดงกำลังไฟฟ้าจริง และกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟ ซึ่งสูญเสียในบัสต่างๆ ของระบบจำหน่ายไฟฟ้า ซึ่งในแต่ละบัสนั้นมีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด



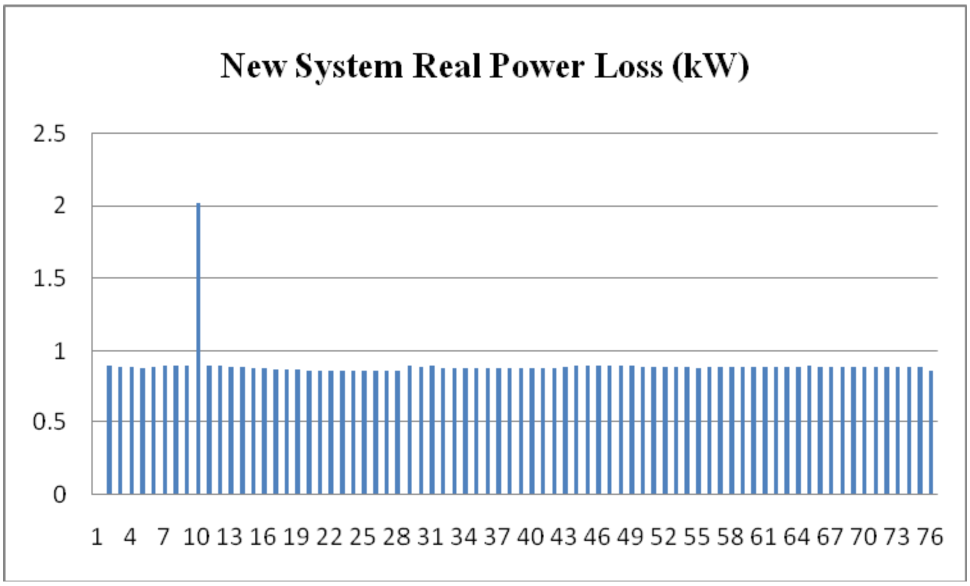
รูปที่ 4.4 แรงดันไฟฟ้าที่บัสต่างๆ ในระบบจำหน่าย อำเภอท่าใหม่

เมื่อนำข้อมูลระบบจำหน่ายไฟฟ้าเขต อำเภอท่าใหม่ มาวิเคราะห์หาขนาด และตำแหน่งติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กเข้ากับระบบ เพื่อทำการปรับปรุงคุณภาพไฟฟ้า โดยใช้วิธีการเคลื่อนที่ของกลุ่มอนุภาค พบว่าการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กในตำแหน่งบัสที่ 10 จะลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบได้มากที่สุด ดังตารางที่ 4.1

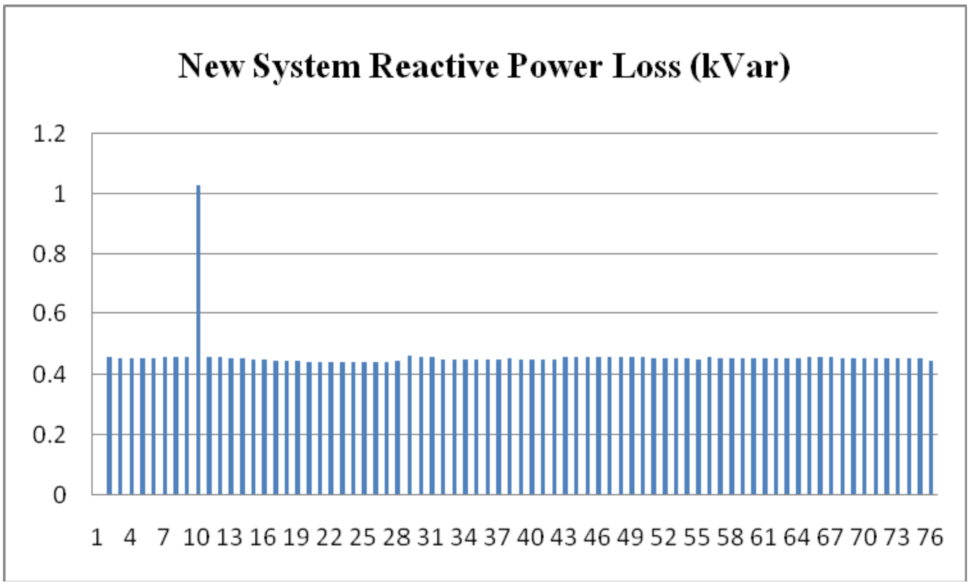
ตารางที่ 4.1 ขนาด และตำแหน่งติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำหรับอำเภอท่าใหม่

BUS	DG Size MW	Ploss kW	Qloss kVar	Voltage kV
10	0.4632	0.9071	0.4626	21.4869
11	0.4342	0.9281	0.4733	21.4833
49	0.4285	0.9372	0.4779	21.4836
50	0.4015	0.9678	0.4935	21.4807
12	0.402	0.9802	0.4998	21.4811

หลังจากนั้นนำขนาดและตำแหน่งติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กที่ได้จากการคำนวณกลับไปป้อนข้อมูลในระบบทดสอบ และทำการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าในระบบอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งผลที่ได้หลังจากการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กในระบบทอสอบ พบว่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบมีค่าลดลงทั้งกำลังไฟฟ้าจริง และกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟ และในส่วนของแรงดันไฟฟ้าในระบบพบว่า แรงดันไฟฟ้าในแต่ละบัสมีค่าสูงขึ้น ดังรูปที่ 4.5



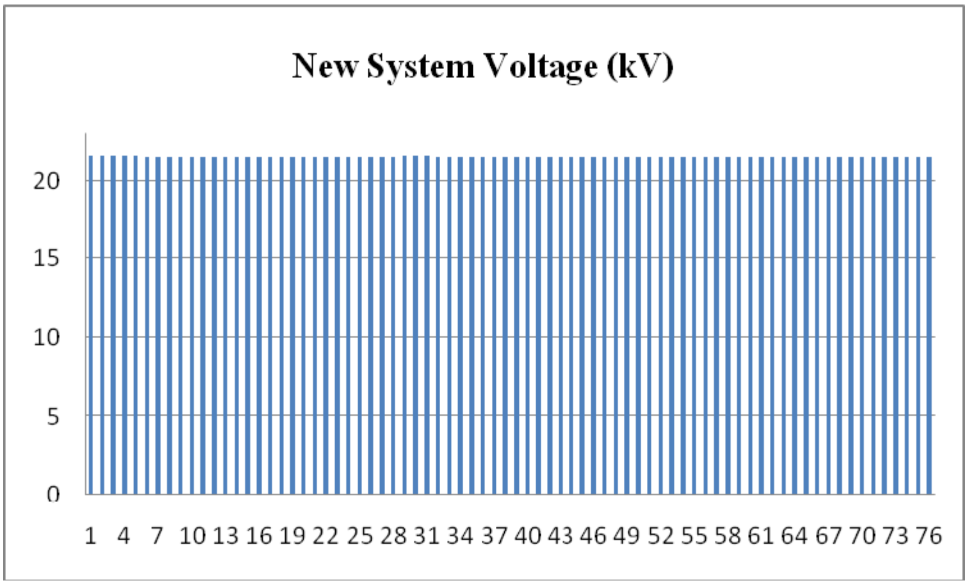
รูปที่ 4.5 กำลังไฟฟ้าจริงที่สูญเสียในระบบจำหน่ายอำเภอท่าใหม่หลังปรับปรุงระบบ



รูปที่ 4.6 กำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟที่สูญเสียในระบบจำหน่ายอำเภอท่าใหม่หลังปรับปรุงระบบ

จากรูปที่ 4.5 และ 4.6 จะเห็นได้ว่าหลังจากติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กเข้ากับระบบแล้ว กำลังไฟฟ้าสูญเสียในแต่ละบัสมีค่าลดลงอย่างมาก

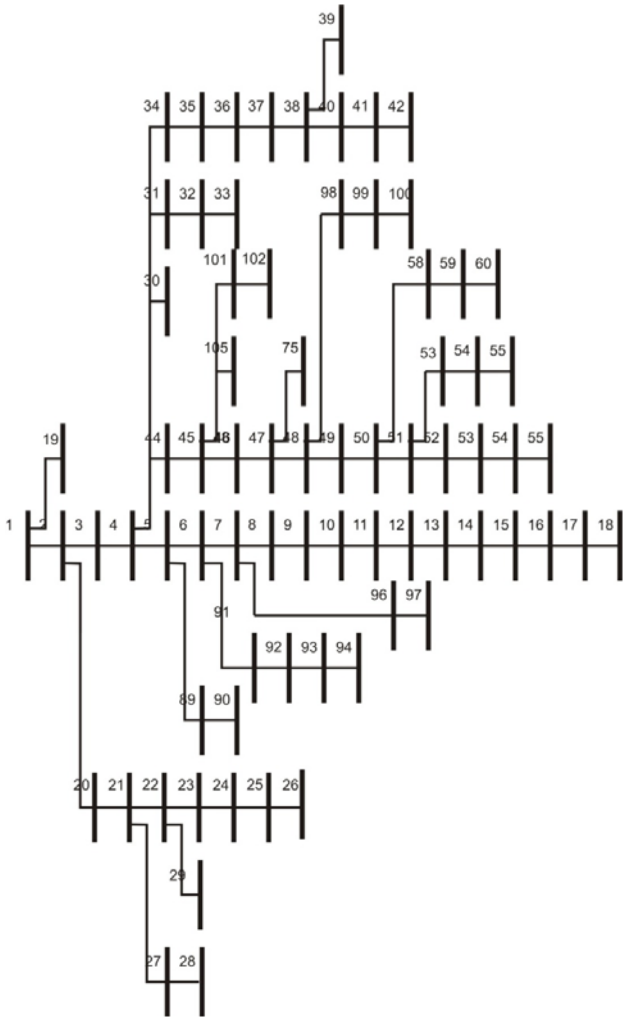
หลังจากติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าตามขนาดที่คำนวณแล้ว จะเห็นได้ว่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบจำหน่ายมีค่าลดลงอย่างเห็นได้ชัด โดยจะมีกำลังไฟฟ้าสูญเสียในบัสที่มีการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเท่านั้นที่ยังมีค่าสูงอยู่



รูปที่ 4.7 แรงดันไฟฟ้าที่บัสต่างๆ ในระบบจำหน่ายอำเภอท่าใหม่หลังปรับปรุงระบบ

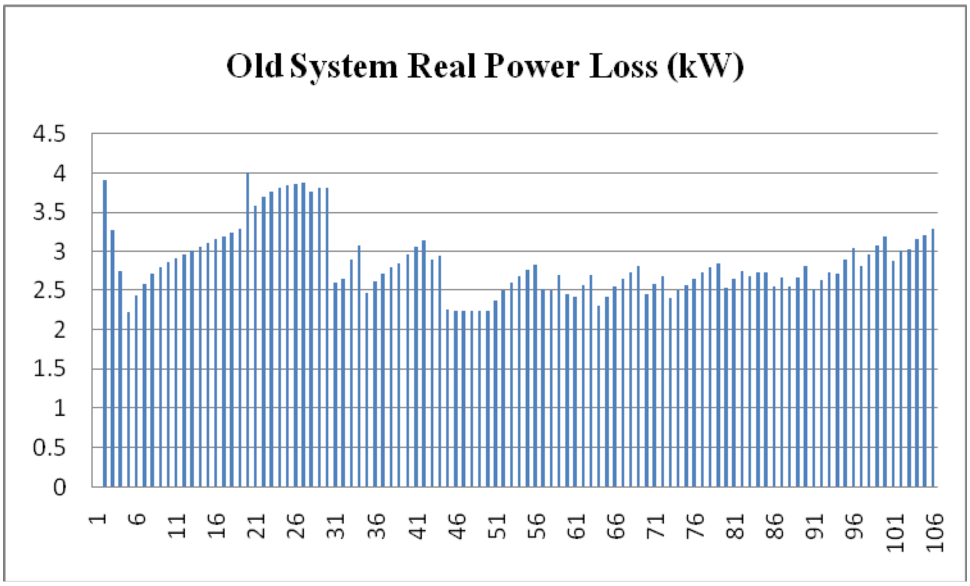
ระดับแรงดันในบัสต่างๆหลังจากทำการปรับปรุงระบบจำหน่ายแล้ว พบว่ามีค่าสูงขึ้นทุกๆบัส สามารถปัญหาแรงดันตกในระบบจำหน่ายได้

4.2 ระบบจำหน่ายไฟฟ้าเขตอำเภอขลุง

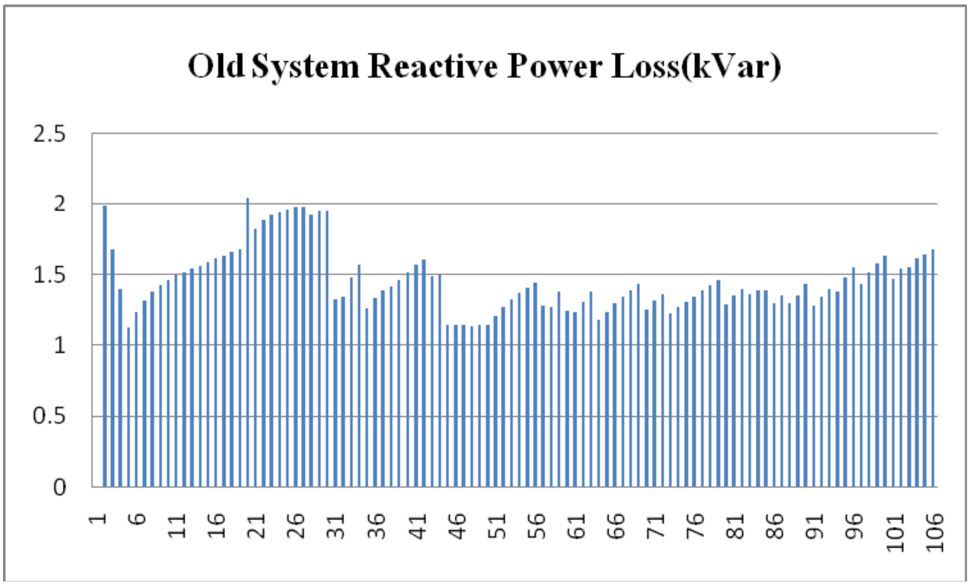


รูปที่ 4.8 ระบบจำหน่ายไฟฟ้า 22 kV เขตอำเภอขลุง

ระบบจำหน่ายไฟฟ้าพิกัดแรงดัน 22 kV เขตอำเภอขลุง มีจำนวนบัสที่ใช้ในการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าทั้งหมด 107 บัส โหลดในระบบทั้งหมด 63,050 kVA โดยผลจากการคำนวณพบว่า ค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบจำหน่ายไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ 4.03 kW กำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟที่สูญเสียในระบบมีค่าเท่ากับ 2.06 kVar และแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยของระบบอยู่ที่ 21.48 kV

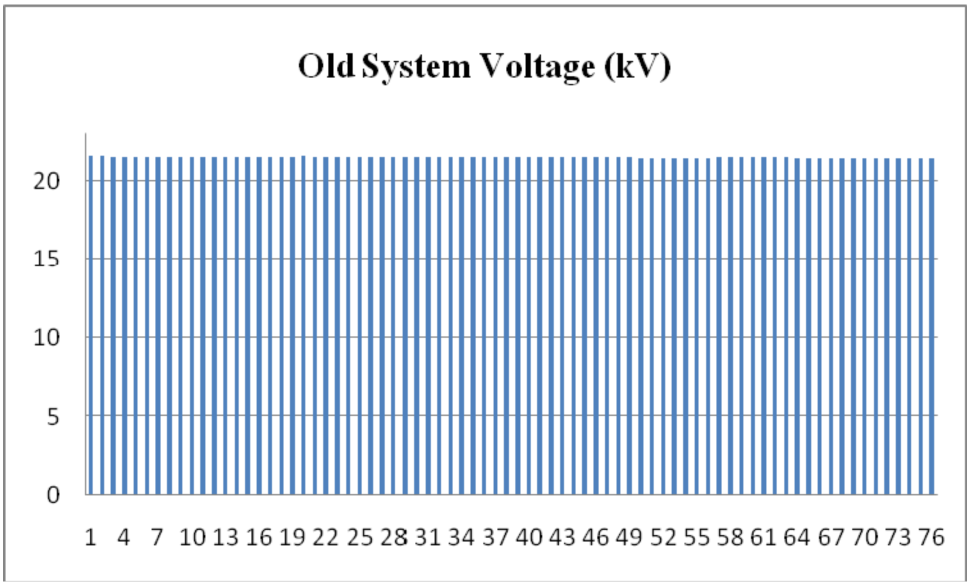


รูปที่ 4.9 กำลังไฟฟ้าจริงที่สูญเสียในระบบจำหน่ายเขตอำเภอขลุง



รูปที่ 4.10 กำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟที่สูญเสียในระบบจำหน่ายเขตอำเภอขลุง

จากรูปที่ 4.9 และ 4.10 แสดงถึงกำลังไฟฟ้าที่สูญเสียในบัสต่างๆ ของระบบจำหน่ายไฟฟ้าของอำเภอขลุง



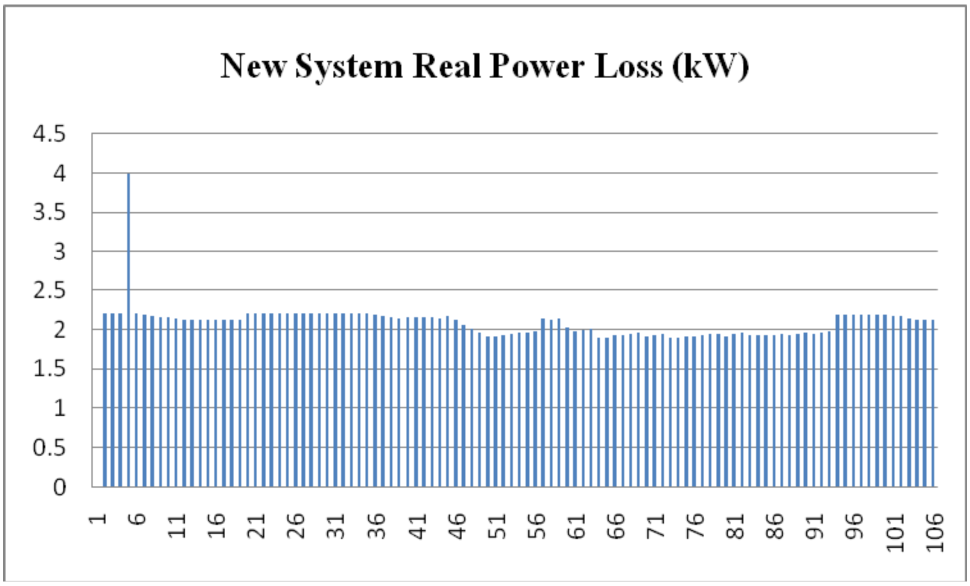
รูปที่ 4.11 แรงดันไฟฟ้าที่บัสต่างๆในระบบจำหน่ายอำเภอขลุง

หลังจากทำการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าในระบบจำหน่ายแล้ว นำข้อมูลของระบบมาวิเคราะห์หาขนาด และตำแหน่งติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กโดยวิธีการการเคลื่อนของกลุ่มอนุภาคเพื่อทำการแก้ปัญหาของระบบจำหน่ายดังตารางที่ 4.2

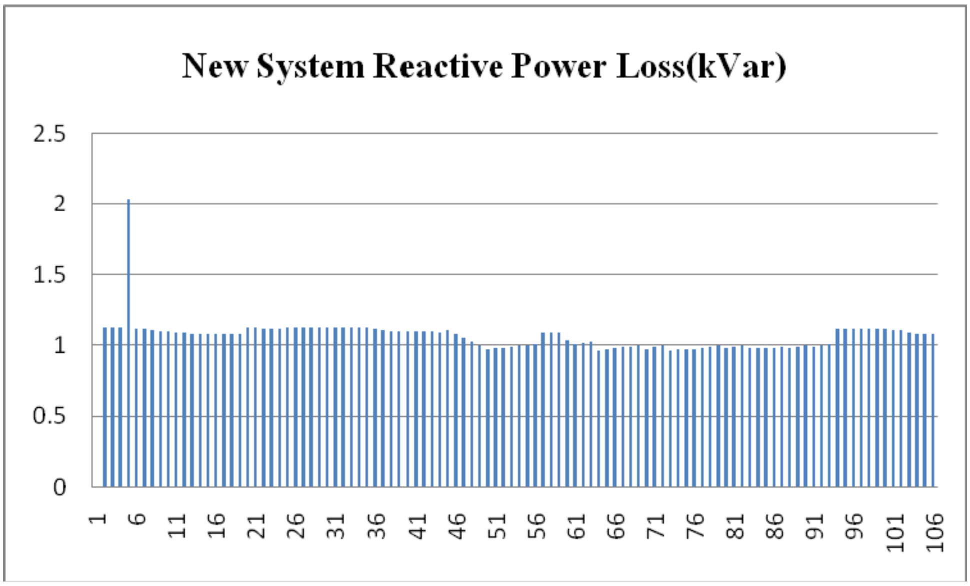
ตารางที่ 4.2 ขนาด และตำแหน่งติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำหรับอำเภอขลุง

BUS	DG Size MW	Ploss kW	Qloss kVar	Voltage kV
5	0.9377	2.2186	1.1314	21.5025
48	0.6162	2.2349	1.1399	21.4741
49	0.5811	2.2386	1.1418	21.4684
46	0.7313	2.2396	1.1422	21.4871
47	0.6674	2.2453	1.1452	21.4805

จากข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์จะพบว่า หากติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กในตำแหน่งบัสที่ 5 โดยใช้ขนาด 0.94 MW ในระบบไฟฟ้า จะสามารถลดการสูญเสียของกำลังไฟฟ้าในระบบได้มากที่สุด

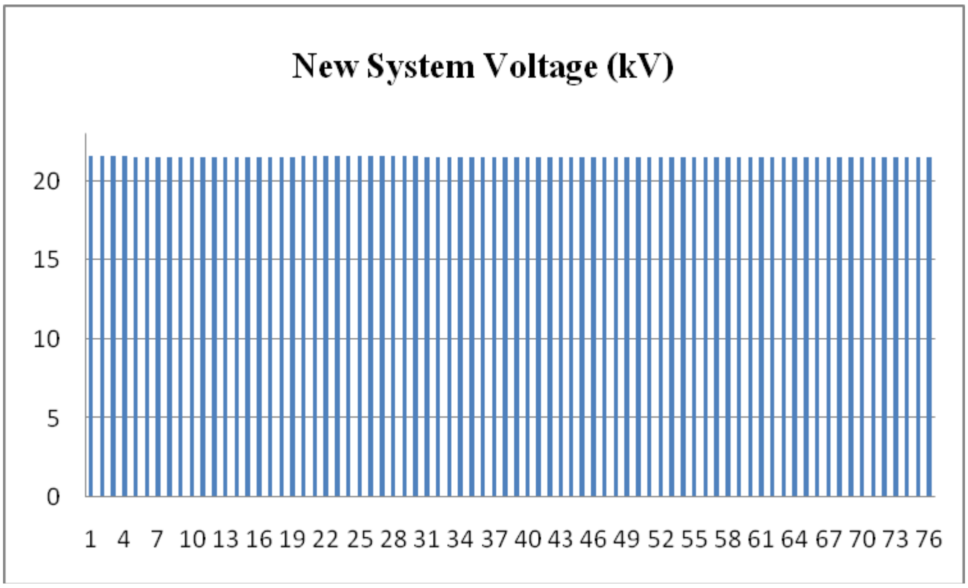


รูปที่ 4.12 กำลังไฟฟ้าจริงที่สูญเสียในระบบจำหน่ายเขตอำเภอขลุงหลังปรับปรุงระบบ



รูปที่ 4.13 กำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟที่สูญเสียในระบบจำหน่ายเขตอำเภอขลุงหลังปรับปรุงระบบ

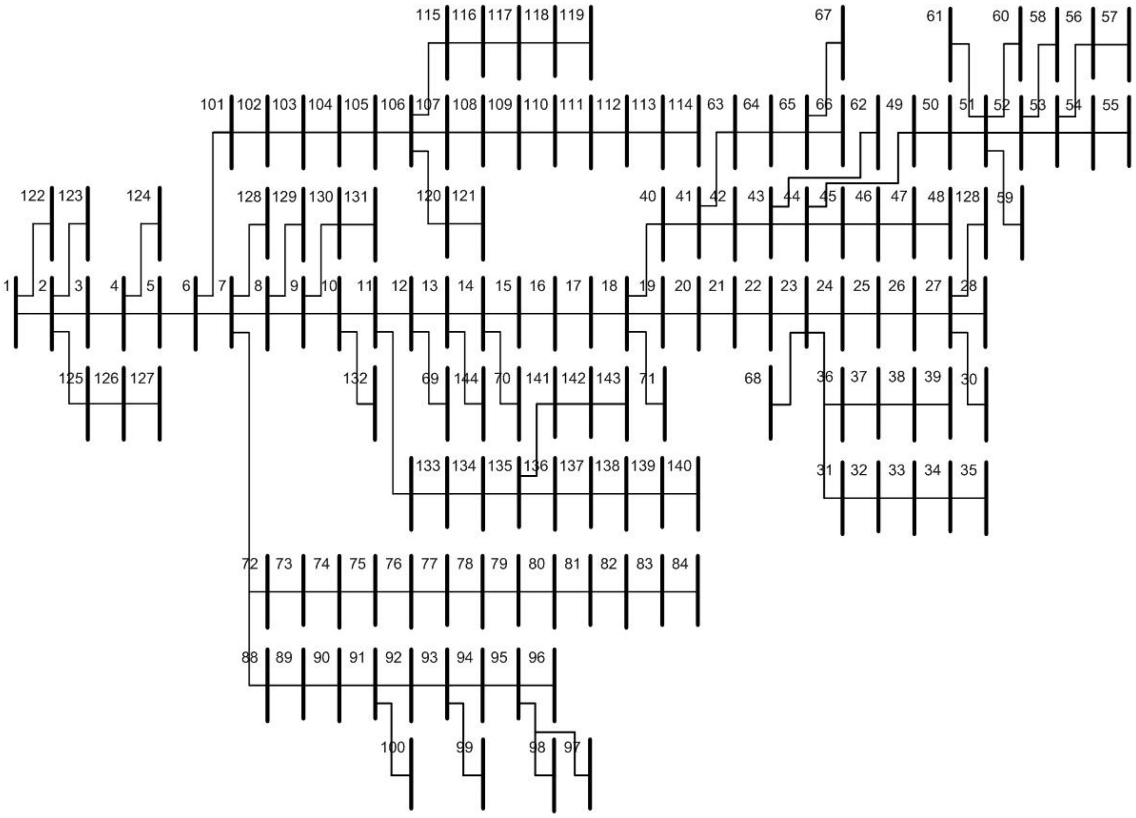
จากรูปที่ 4.12 และ 4.13 ได้แสดงถึงกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบจำหน่ายไฟฟ้าอำเภอขลุง หลังจากทำการปรับปรังระบบโดยการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กเข้ากับระบบจำหน่ายไฟฟ้า ผลจากการปรับปรุงระบบทำให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบลดลง



รูปที่ 4.14 แรงดันไฟฟ้าที่บัสต่างๆ ในระบบจำหน่ายอำเภอขลุงหลังปรับปรุงระบบ

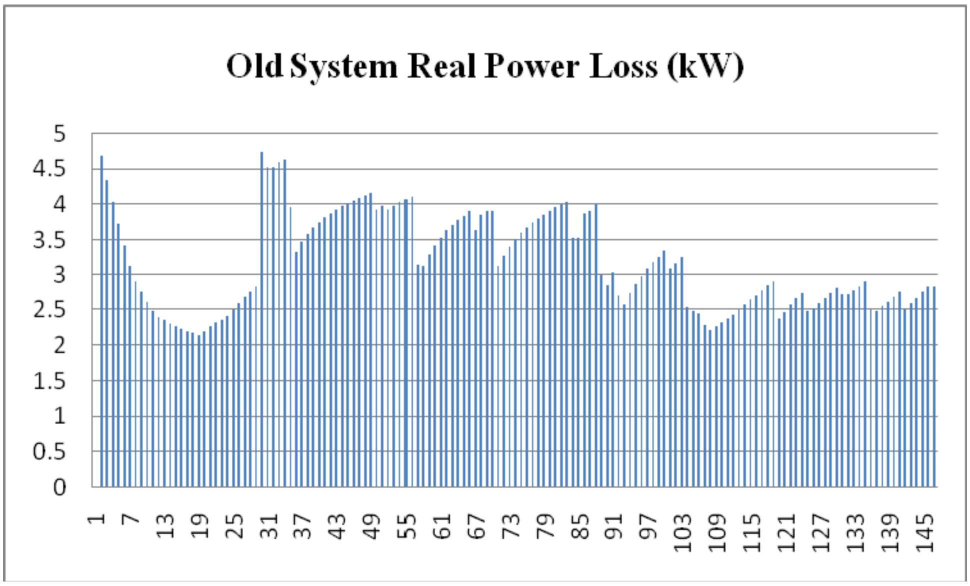
หลังจากติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเข้ากับระบบจำหน่ายไฟฟ้าแล้ว มีผลทำให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบลดลง และยังช่วยให้ระดับแรงดันไฟฟ้ามีค่าสูงขึ้นอีกด้วย

4.3 ระบบจำหน่ายไฟฟ้าเขตอำเภอแก่งหางแมว



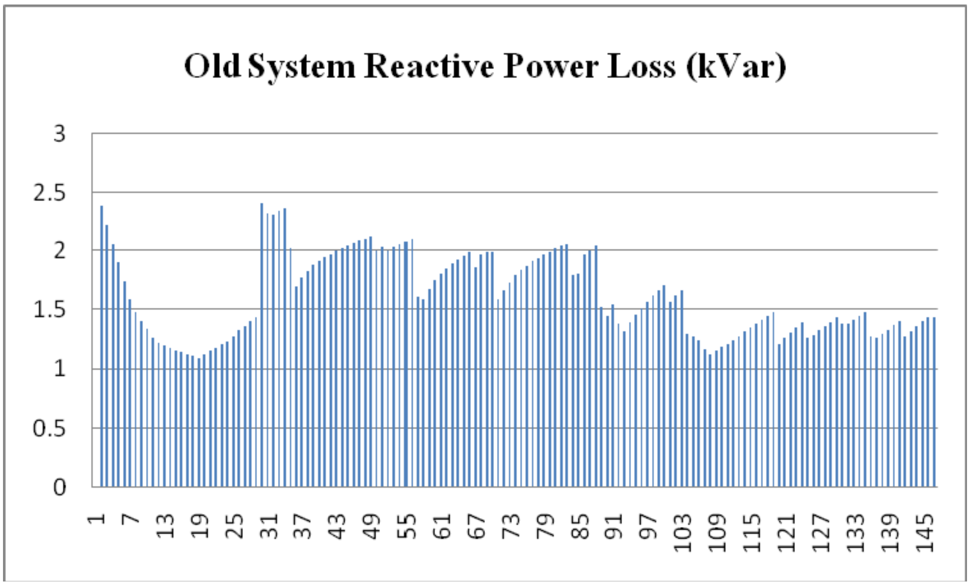
รูปที่ 4.15 ระบบจำหน่ายไฟฟ้าเขตอำเภอแก่งหางแมว

ข้อมูลเบื้องต้นของระบบจำหน่ายไฟฟ้า 22 kV อำเภอแก่งหางแมว มีจำนวนบัสทั้งหมด 146 บัส โหลดในระบบทั้งหมด 44,931 kVA เมื่อคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าในระบบแล้ว พบว่ามีกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบเท่ากับ 3.97 kW มีกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟสูญเสียในระบบ 2.02 kVar และมีแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยในระบบเท่ากับ 21.48 kV



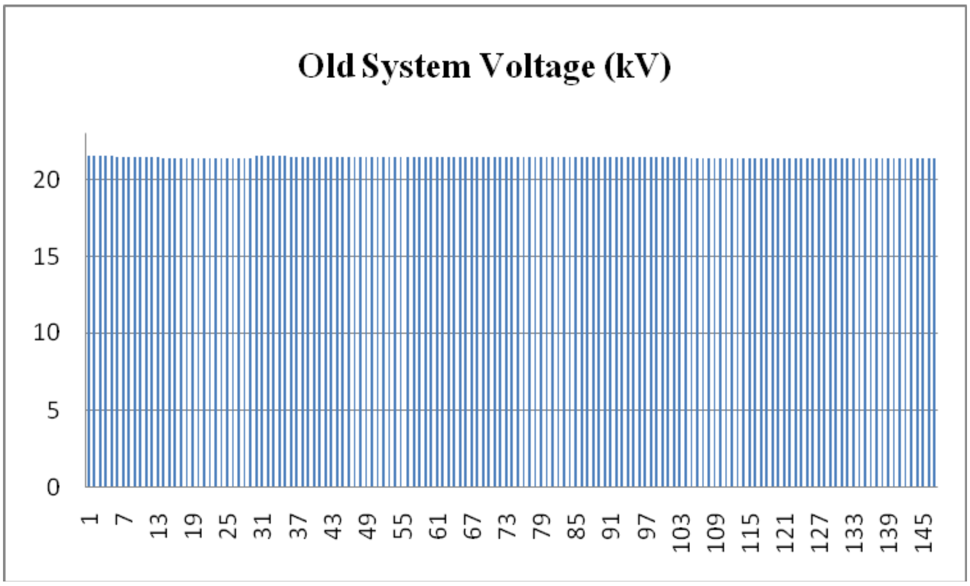
.

รูปที่ 4.16 กำลังไฟฟ้าจริงที่สูญเสียในระบบจำหน่ายเขตอำเภอแก่งหางแมว



รูปที่ 4.17 กำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟที่สูญเสียในระบบจำหน่ายเขตอำเภอแก่งหางแมว

รูปที่ 4.16 และ 4.17 แสดงให้เห็นถึงกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่บัสต่างๆ ของระบบจำหน่ายไฟฟ้าอำเภอแก่งหางแมวก่อนการปรับปรุงระบบจำหน่ายไฟฟ้า โดยการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

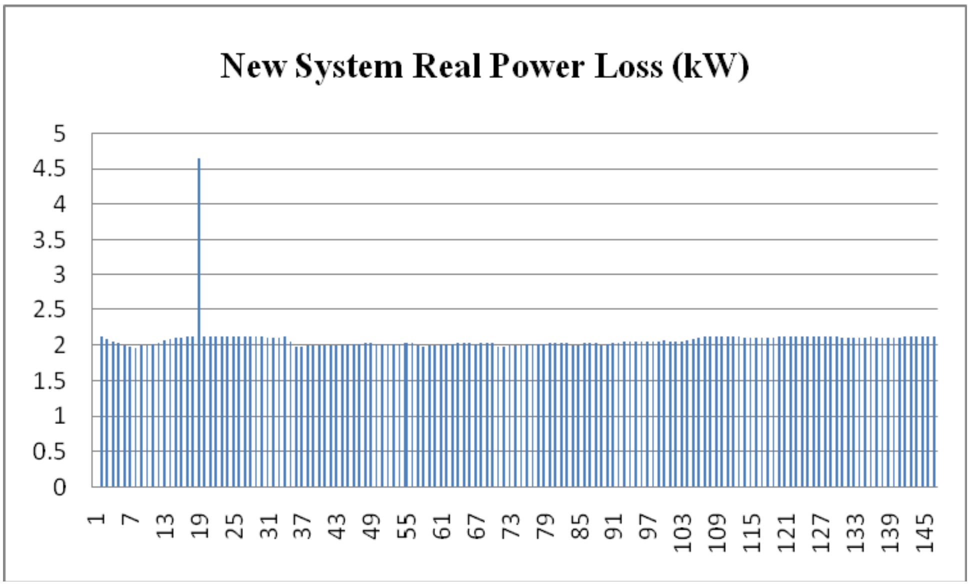


รูปที่ 4.18 แรงดันไฟฟ้าที่บัสต่างๆ ในระบบจำหน่ายอำเภอแก่งหางแมว

หลังจากนำข้อมูลระบบจำหน่ายไฟฟ้า 22 kV อำเภอแก่งหางแมวจากการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าในระบบมาคำนวณหาขนาด และตำแหน่งเพื่อติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กที่จะติดตั้งในระบบไฟฟ้าโดยวิธีการเคลื่อนที่ของกลุ่มอนุภาคแล้ว ได้ข้อมูลดังตารางที่ 4.3 พบว่าการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในบัสที่ 19 สามารถลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบลดเหลือน้อยที่สุด

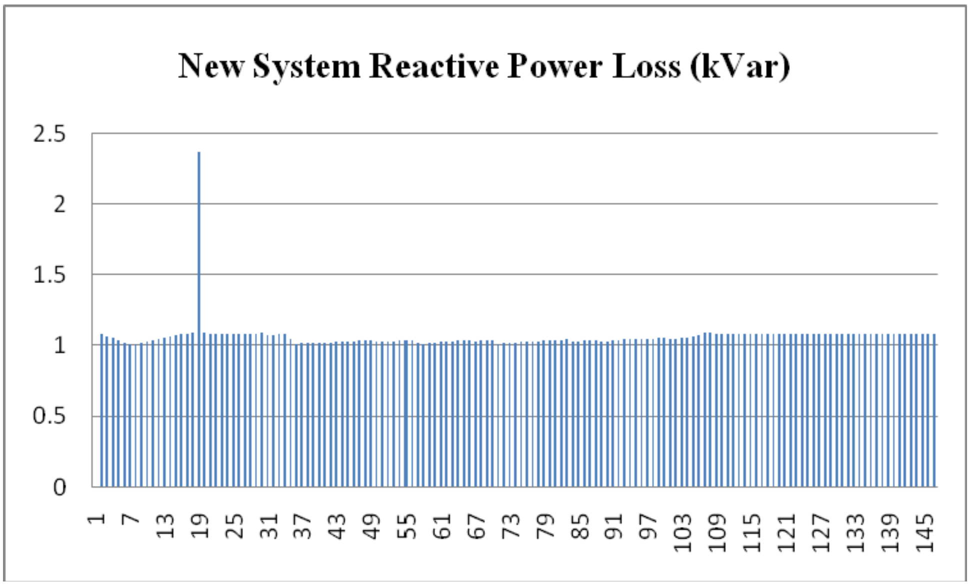
ตารางที่ 4.3 ขนาดและตำแหน่งติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำหรับอำเภอแก่งหางแมว

BUS	DG Size MW	Ploss kW	Qloss kVar	Voltage kV
19	0.4794	2.1503	1.0964	21.4004
18	0.492	2.1794	1.1113	21.406
20	0.4611	2.2104	1.1271	21.3977
17	0.5043	2.2105	1.1271	21.4117
108	0.4624	2.2118	1.1278	21.3978



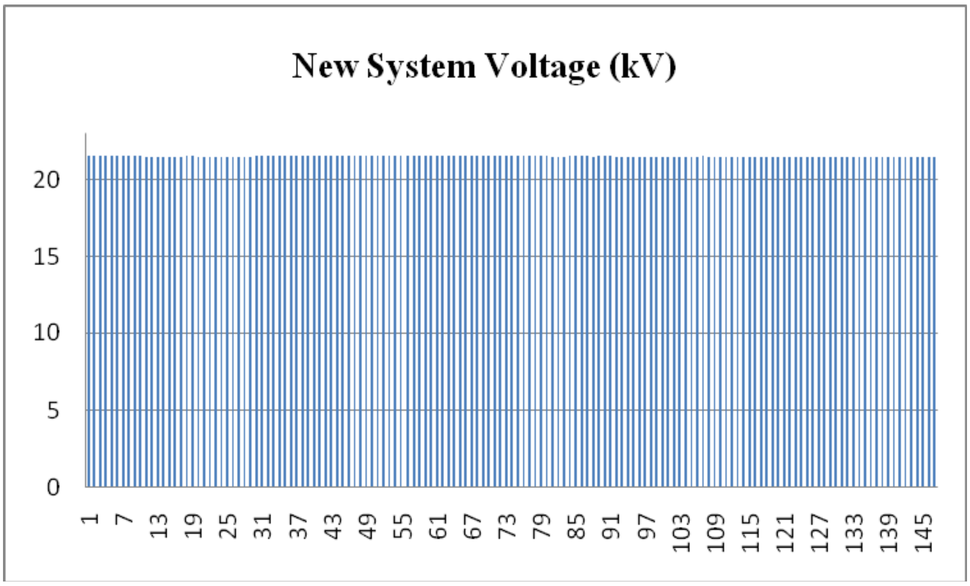
รูปที่ 4.19 กำลังไฟฟ้าจริงที่สูญเสียในระบบจำหน่ายเขตอำเภอแก่งหางแมวหลังปรับปรุงระบบ

หลังจากติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเข้ากับระบบจำหน่ายไฟฟ้าอำเภอแก่งหางแมว ในตำแหน่งบัสที่ 19 โดยใช้ขนาด 0.48 MW จะเห็นได้ว่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบลดลงอย่างเห็นได้ชัด



รูปที่ 4.20 กำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟที่สูญเสียในระบบจำหน่ายเขตอำเภอแก่งหางแมวหลังปรับปรุงระบบ

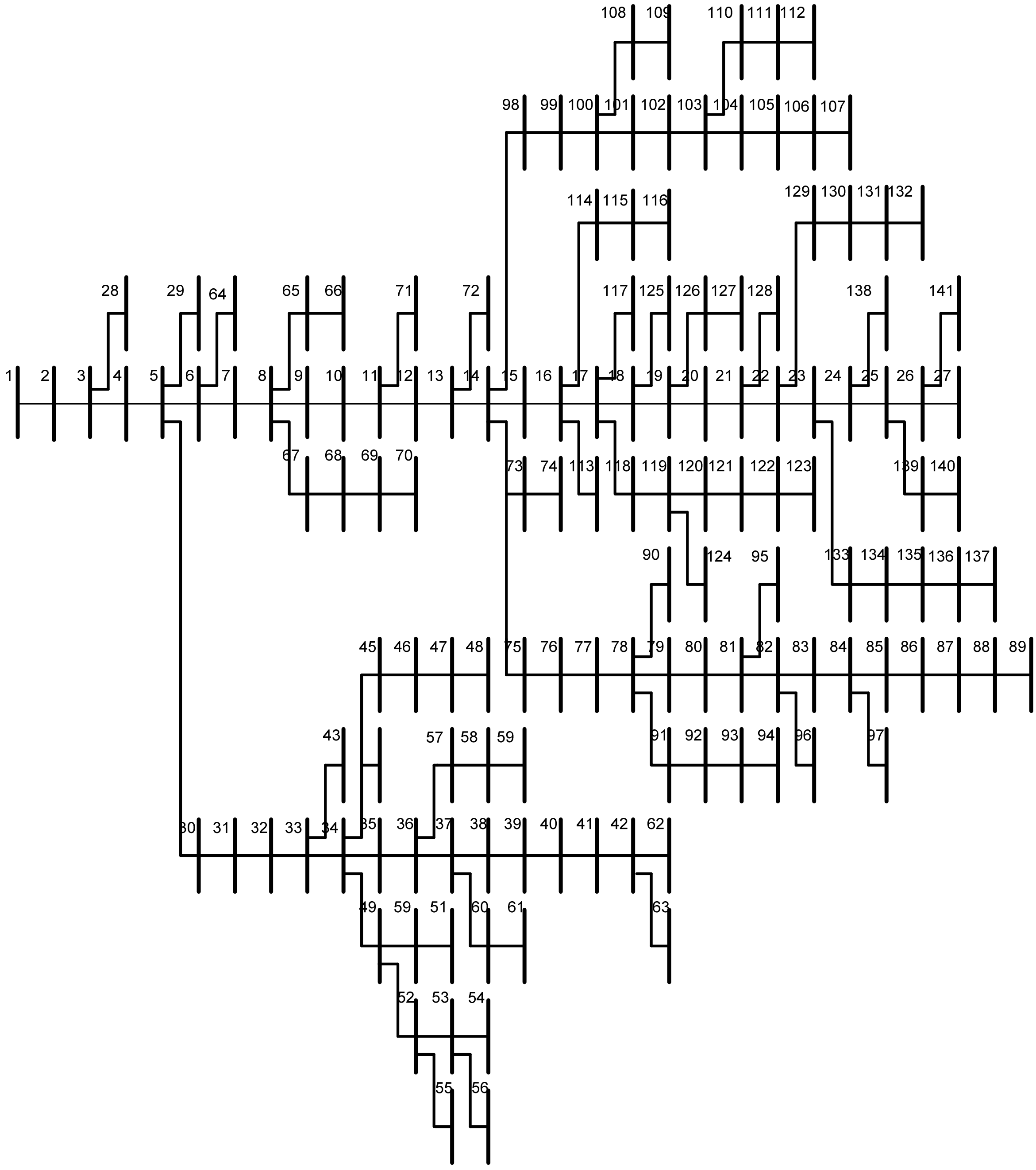
จากรูปที่ 4.20 ผลจากการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเข้ากับระบบจำหน่ายไฟฟ้า ทำให้กำลังไฟฟ้าจริงที่สูญเสียในระบบมีค่าลดลง จึงมีผลทำให้กำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟที่สูญเสียในระบบมีค่ากำลังการสูญเสียลดลงด้วย



รูปที่ 4.21 แรงดันไฟฟ้าที่บัสต่างๆ ในระบบจำหน่ายอำเภอแก่งหางแมวหลังปรับปรุงระบบ

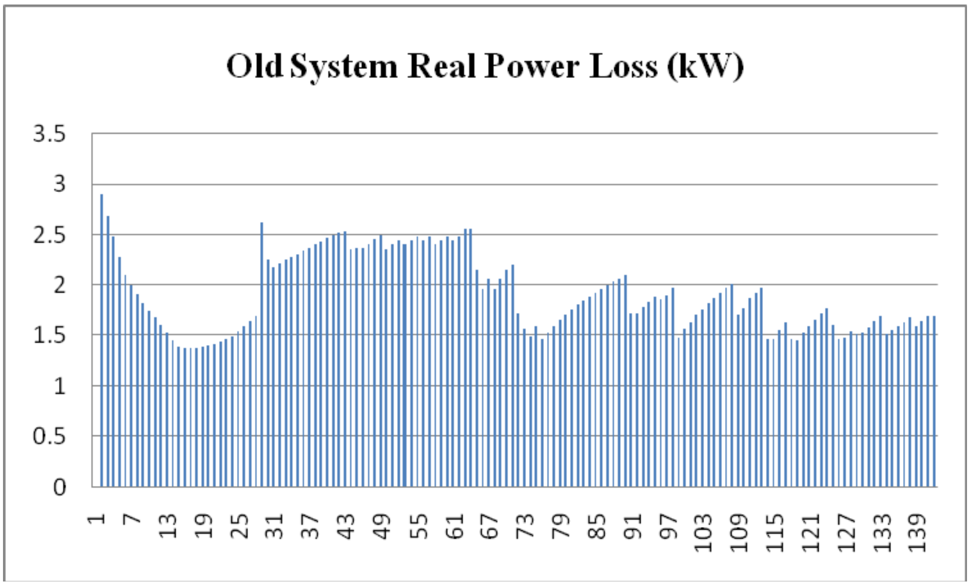
จากรูปที่ 4.21 เมื่อติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กเข้ากับระบบจำหน่ายไฟฟ้าเพื่อลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบไฟฟ้า และยังสามารถยกระดับแรงดันในระบบให้มีเสถียรภาพดีขึ้นอีกด้วย

4.4 ระบบจำหน่ายไฟฟ้าเขตอำเภอเมือง

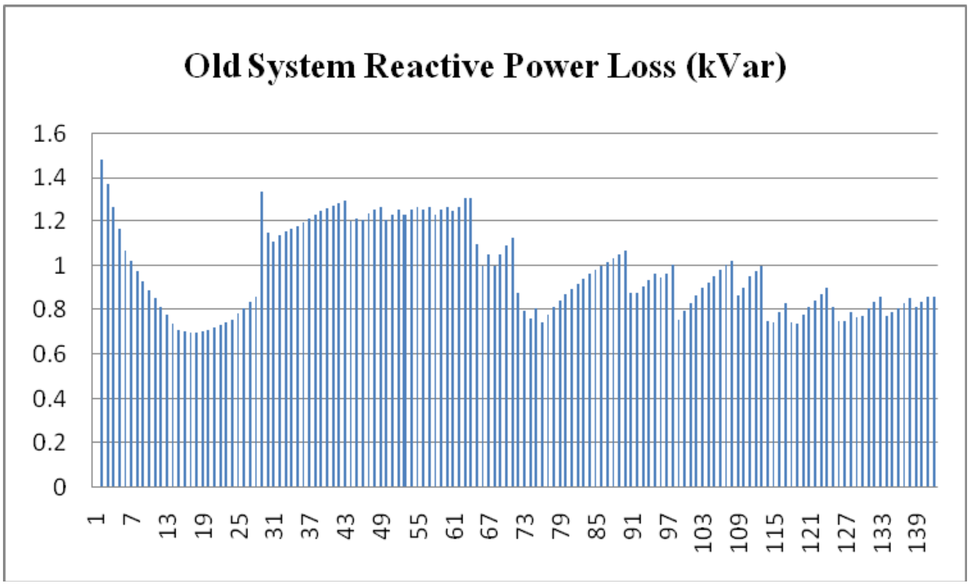


รูปที่ 4.22 ระบบจำหน่ายไฟฟ้า 22 kV เขตอำเภอเมือง

ระบบจำหน่ายไฟฟ้า 22 kV เขตอำเภอเมืองมีจำนวนบัสที่ใช้ในการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าทั้งหมด 141 บัส มีโหลดในระบบทั้งหมด 37,340 kVA โดยผลจากการคำนวณพบว่า ค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบจำหน่ายไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ 2.949 kW กำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟที่สูญเสียในระบบมีค่าเท่ากับ 1.5 kVar และแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยในระบบอยู่ที่ 21.46 kV

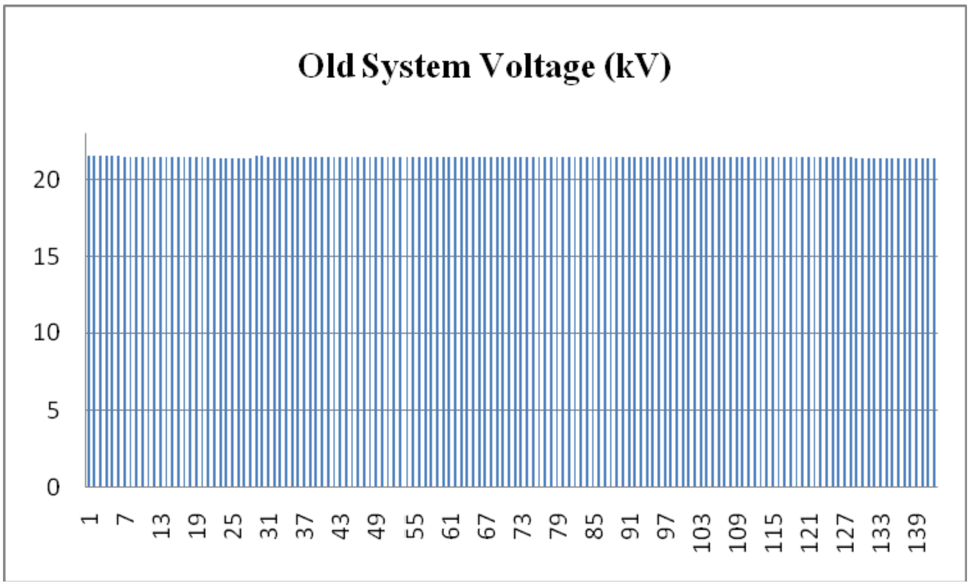


รูปที่ 4.23 กำลังไฟฟ้าจริงที่สูญเสียในระบบจำหน่ายเขตอำเภอเมือง



รูปที่ 4.24 กำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟที่สูญเสียในระบบจำหน่ายเขตอำเภอเมือง

รูปที่ 4.23 และ 4.24 แสดงให้เห็นถึงกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบจำหน่ายไฟฟ้าอำเภอเมือง



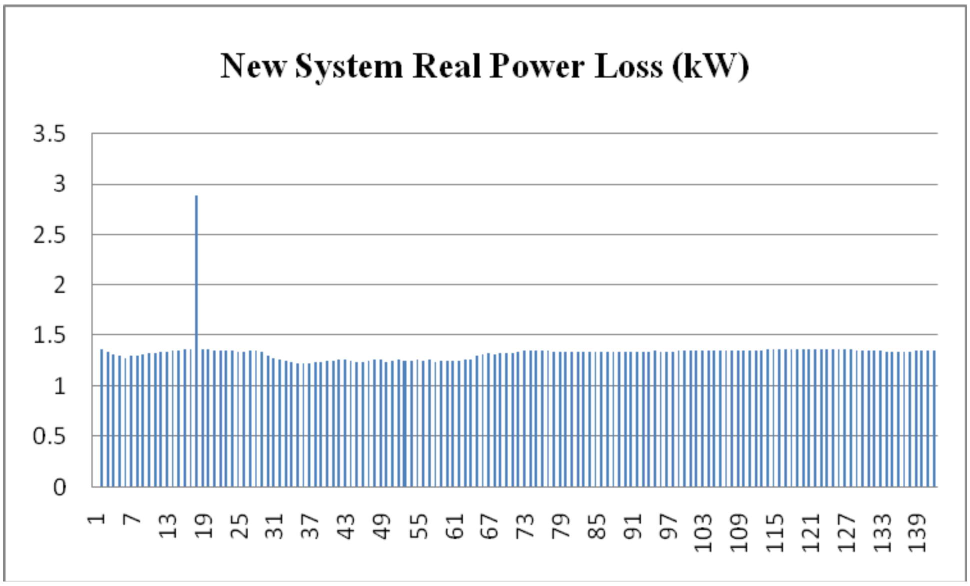
รูปที่ 4.25 แรงดันไฟฟ้าที่บัสต่างๆ ในระบบจำหน่ายอำเภอเมือง

หลังจากทำการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าในระบบจำหน่ายแล้ว นำข้อมูลของระบบมาวิเคราะห์หาขนาด และตำแหน่งติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กโดยวิธีการการเคลื่อนของกลุ่มอนุภาคเพื่อทำการแก้ปัญหาของระบบจำหน่าย ดังตารางที่ 4.4

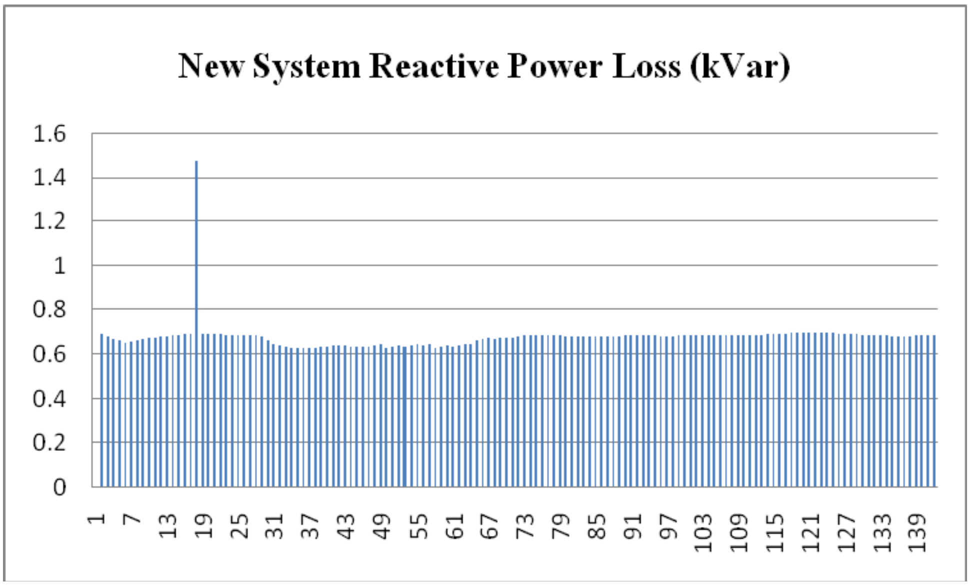
ตารางที่ 4.4 ขนาด และตำแหน่งติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำหรับอำเภอเมือง

BUS	DG Size MW	Ploss kW	Qloss kVar	Voltage kV
18	0.3854	1.3736	0.7004	21.4394
17	0.3985	1.3747	0.7009	21.4433
16	0.4117	1.3828	0.7051	21.4475
19	0.3735	1.3865	0.707	21.4363
15	0.4264	1.3896	0.7085	21.4517

จากข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์จะพบว่า หากติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในตำแหน่งบัสที่ 18 โดยใช้ขนาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กเท่ากับ 0.39 MW จะสามารถลดการสูญเสียของกำลังไฟฟ้าในระบบได้มากที่สุด

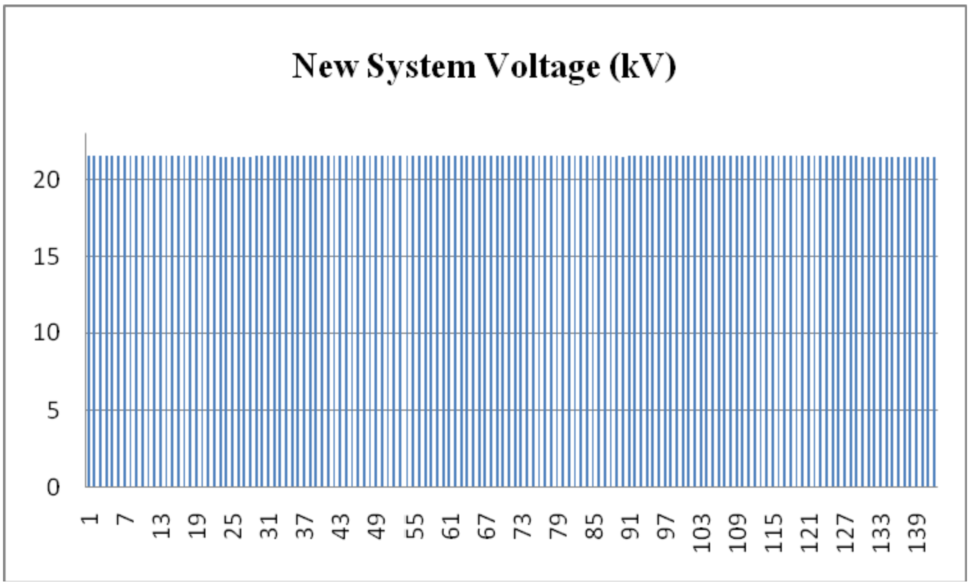


รูปที่ 4.26 กำลังไฟฟ้าจริงที่สูญเสียในระบบจำหน่ายเขตอำเภอเมืองหลังปรับปรุงระบบ



รูปที่ 4.27 กำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟที่สูญเสียในระบบจำหน่ายเขตอำเภอเมืองหลังปรับปรุงระบบ

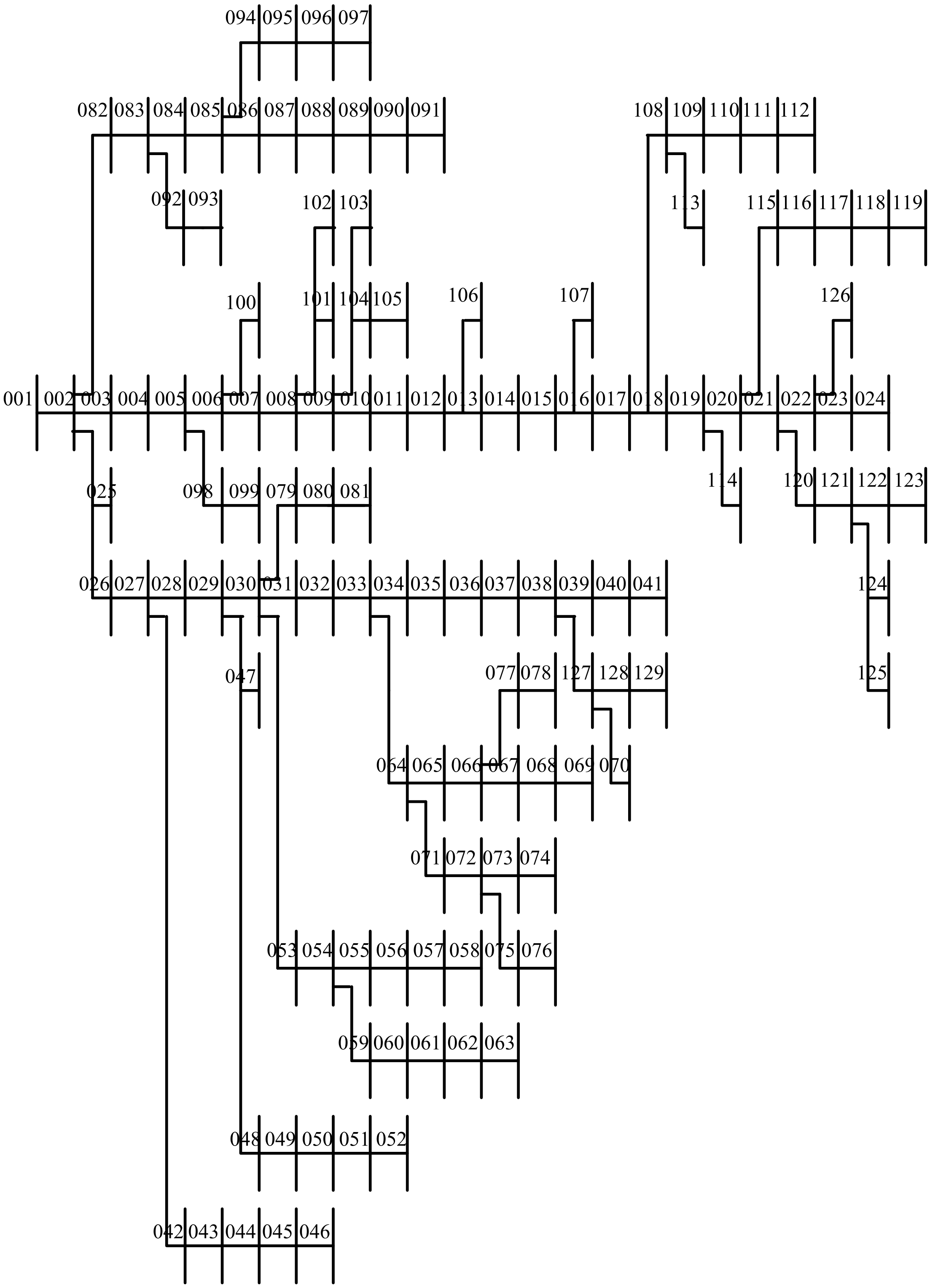
จากรูปที่ 4.26 และ 4.27 ได้แสดงถึงกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบจำหน่ายไฟฟ้าอำเภอเมือง หลังจากทำการปรับปรังระบบโดยการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กเข้ากับระบบจำหน่ายไฟฟ้า ผลจากการปรับปรุงระบบทำให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบลดลง



รูปที่ 4.28 แรงดันไฟฟ้าที่บัสต่างๆในระบบจำหน่ายอำเภอเมืองหลังปรับปรุงระบบ

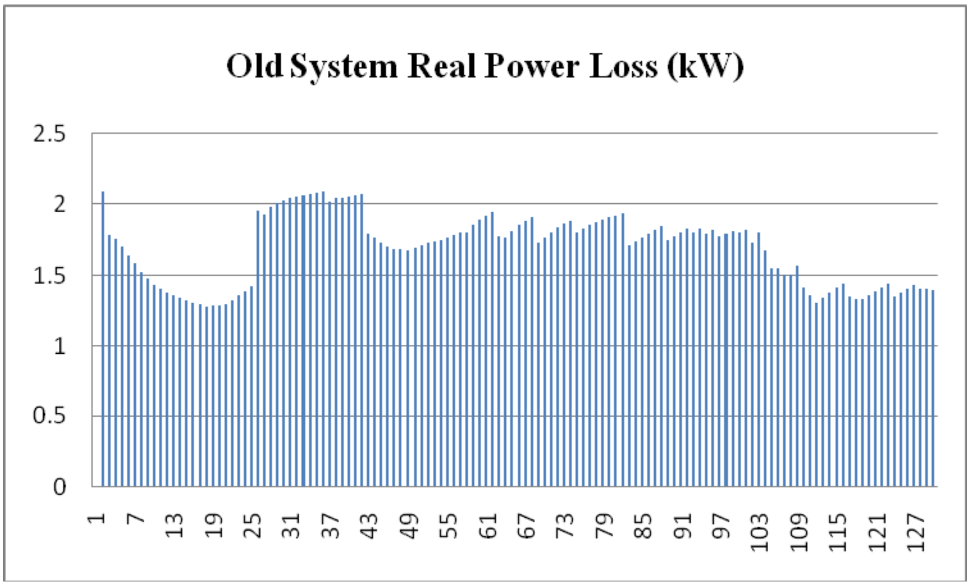
แรงดันไฟฟ้าที่บัสต่างๆ หลังติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กเข้ากับระบบจำหน่ายไฟฟ้า ซึ่งระดับแรงดันไฟฟ้าในแต่ละบัสมีค่าสูงขึ้น เมื่อเทียบกับก่อนที่จะมีการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

4.5 ระบบจำหน่ายไฟฟ้าเขตอำเภอสอยดาว

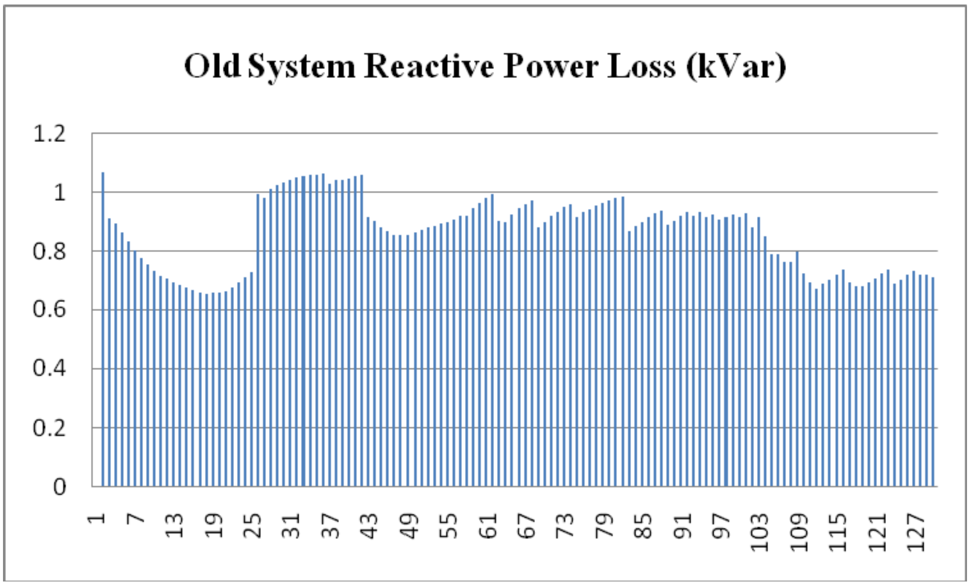


รูปที่ 4.29 ระบบจำหน่ายไฟฟ้า 22 kV เขตอำเภอสอยดาว

ระบบจำหน่ายไฟฟ้า 22 kV เขตอำเภอสอยดาวมีจำนวนบัสที่ใช้ในการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าทั้งหมด 130 บัส โหลดรวมในระบบ 43,623 kVA โดยผลจากการคำนวณพบว่า ค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบจำหน่ายไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ 2.157 kW กำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟที่สูญเสียในระบบมีค่าเท่ากับ 1.1 kVar และแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยในระบบอยู่ที่ 21.51 kV

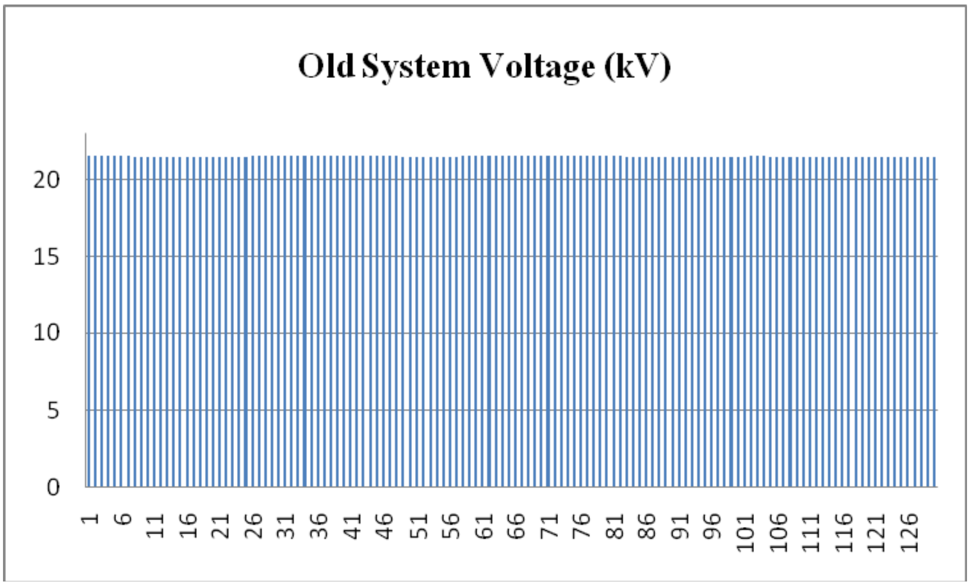


รูปที่ 4.30 กำลังไฟฟ้าจริงที่สูญเสียในระบบจำหน่ายเขตอำเภอสอยดาว



รูปที่ 4.31 กำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟที่สูญเสียในระบบจำหน่ายเขตอำเภอสอยดาว

กำลังไฟฟ้าที่สูญเสียในระบบจำหน่ายของอำเภอสอยดาว แสดงให้เห็นดังรูปที่ 4.30 และ 4.31



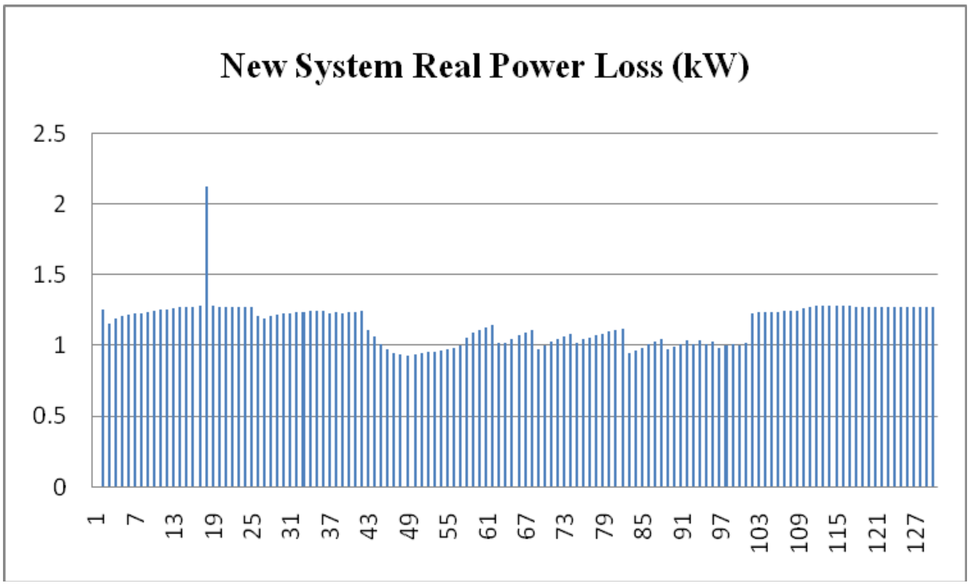
รูปที่ 4.32 แรงดันไฟฟ้าที่บัสต่างๆ ในระบบจำหน่ายอำเภอสอยดาว

หลังจากทำการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าในระบบจำหน่ายแล้ว นำข้อมูลของระบบมาวิเคราะห์หาขนาด และตำแหน่งติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กโดยวิธีการการเคลื่อนของกลุ่มอนุภาคเพื่อทำการแก้ปัญหาของระบบจำหน่าย ดังตารางที่ 4.5

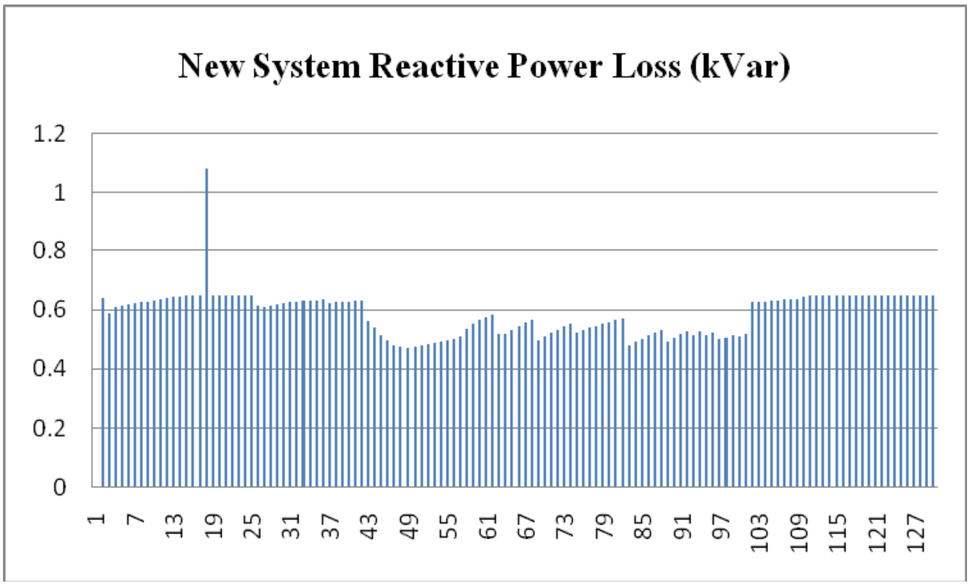
ตารางที่ 4.5 ขนาด และตำแหน่งติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำหรับอำเภอสอยดาว

BUS	DG Size MW	Ploss kW	Qloss kVar	Voltage kV
18	0.2875	1.2809	0.6533	21.4701
19	0.2788	1.2878	0.6568	21.4677
20	0.2702	1.294	0.66	21.4654
17	0.2956	1.2952	0.66	21.4736
21	0.2614	1.3032	0.6647	21.4634

จากข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์จะพบว่า หากติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในตำแหน่งบัสที่ 18 และเลือกใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาด 0.29 MW ติดตั้งในระบบไฟฟ้า จะสามารถลดการสูญเสียของกำลังไฟฟ้าในระบบได้มากที่สุด

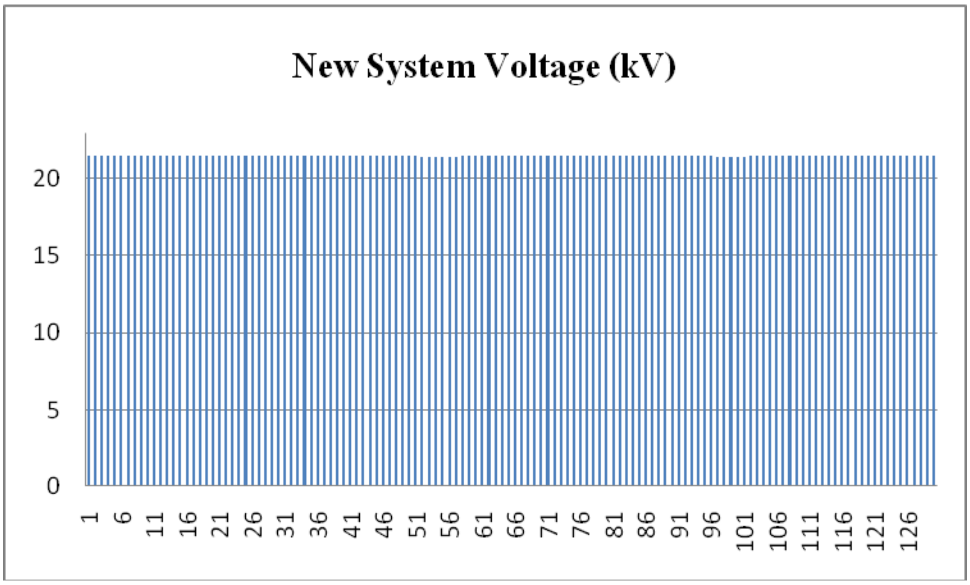


รูปที่ 4.33 กำลังไฟฟ้าจริงที่สูญเสียในระบบจำหน่ายเขตอำเภอสอยดาวหลังปรับปรุงระบบ



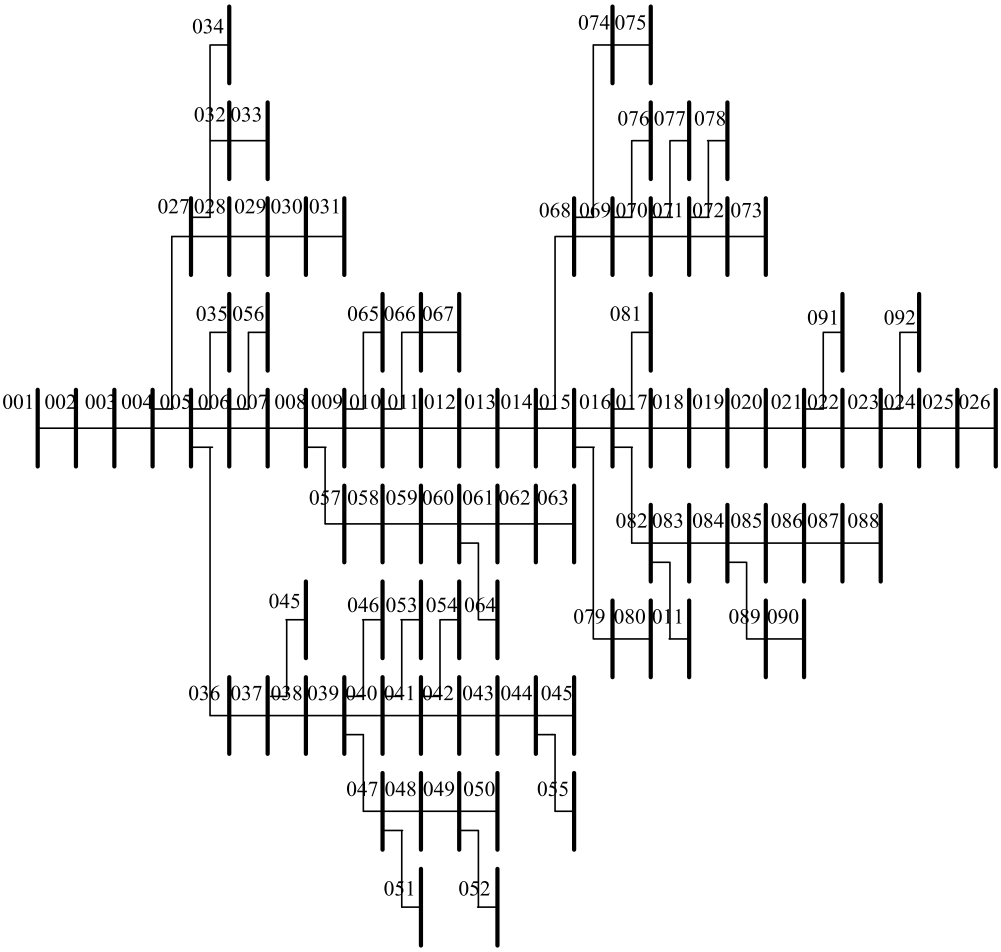
ปที่ 4.34 กำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟที่สูญเสียในระบบจำหน่ายเขตอำเภอสอยดาวหลังปรับปรุงระบบ

หลังจากติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กเข้ากับระบบจำหน่ายแล้ว ทำให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบจำหน่ายไฟฟ้ามีค่าลดลงอย่างเห็นได้ชัด ดังแสดงในรูปที่ 4.33 และ 4.34



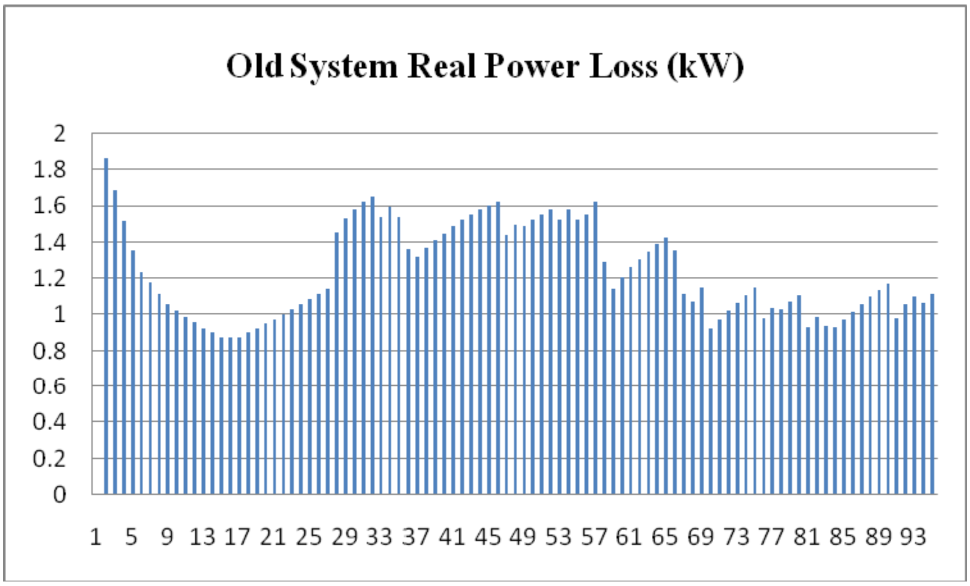
รูปที่ 4.35 แรงดันไฟฟ้าที่บัสต่างๆในระบบจำหน่ายอำเภอสอยดาวหลังปรับปรุงระบบ

4.6 ระบบจำหน่ายไฟฟ้าเขตอำเภอแหลมสิงห์

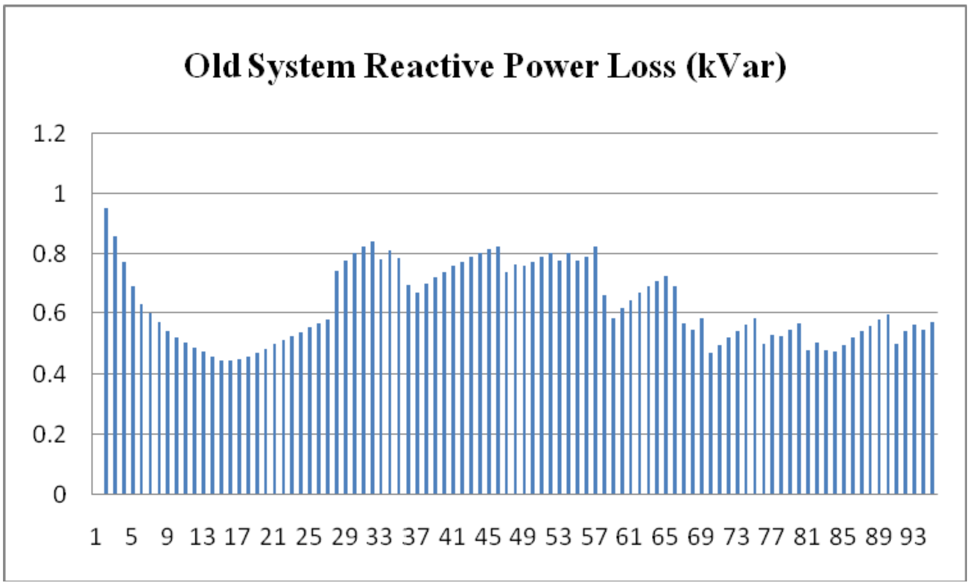


รูปที่ 4.36 ระบบจำหน่ายไฟฟ้า 22 kV เขตอำเภอแหลมสิงห์

ระบบจำหน่ายไฟฟ้า 22 kV เขตอำเภอแหลมสิงห์มีจำนวนบัสที่ใช้ในการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าทั้งหมด 95 บัส โหลดรวมในระบบ 33,320 kVA โดยผลจากการคำนวณพบว่า ค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบจำหน่ายไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ 4.05 kW กำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟที่สูญเสียในระบบมีค่าเท่ากับ 2.07 kVar และแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยในระบบอยู่ที่ 21.54 kV

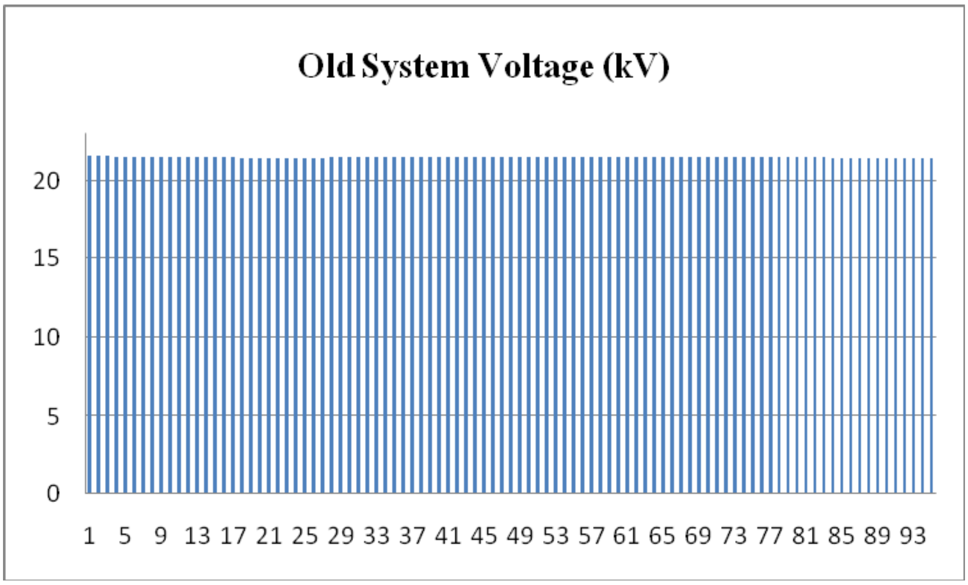


รูปที่ 4.37 กำลังไฟฟ้าจริงที่สูญเสียในระบบจำหน่ายเขตอำเภอแหลมสิงห์



รูปที่ 4.38 กำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟที่สูญเสียในระบบจำหน่ายเขตอำเภอแหลมสิงห์

จากรูปที่ 4.37 และ 4.38 ได้แสดงถึงกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบจำหน่ายไฟฟ้าอำเถอแหลมสิงห์ ก่อนที่จะดำเนินการปรับปรุงระบบจำหน่ายไฟฟ้า โดยการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กเข้ากับระบบจำหน่ายไฟฟ้า



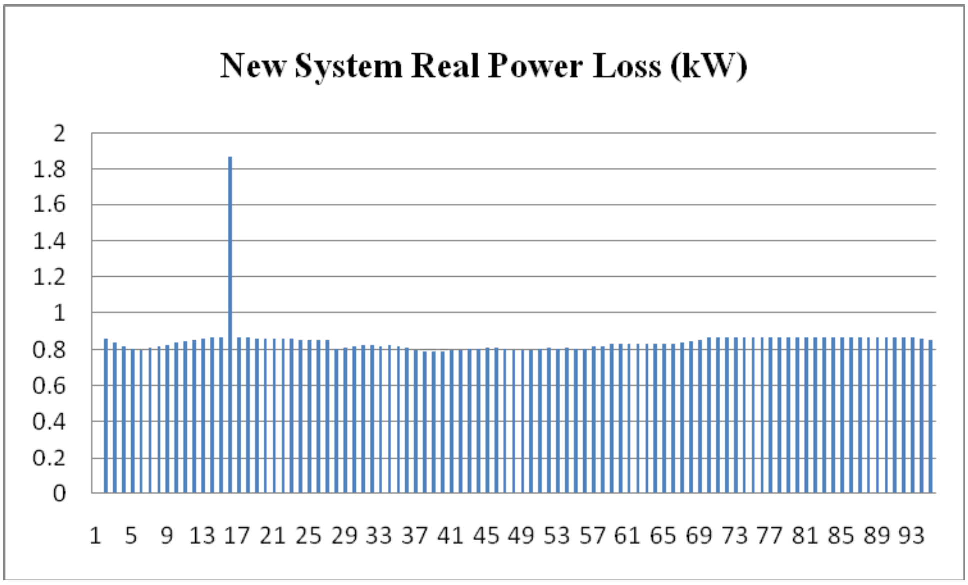
รูปที่ 4.39 แรงดันไฟฟ้าที่บัสต่างๆ ในระบบจำหน่ายอำเภอสิงห์

หลังจากทำการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าในระบบจำหน่ายแล้ว นำข้อมูลของระบบมาวิเคราะห์หาขนาด และตำแหน่งติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กโดยวิธีการการเคลื่อนของกลุ่มอนุภาคเพื่อทำการแก้ปัญหาของระบบจำหน่าย ดังตารางที่ 4.6

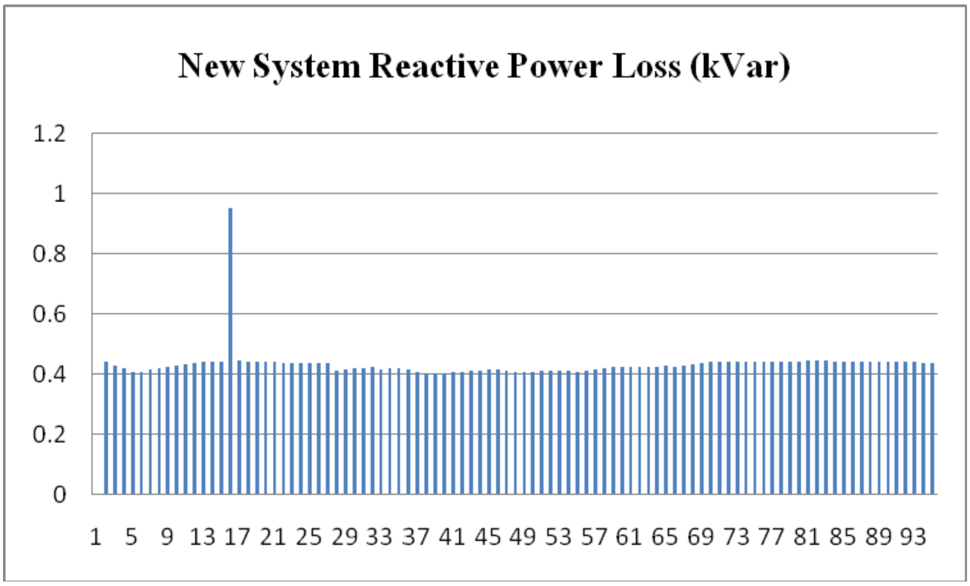
ตารางที่ 4.6 ขนาด และตำแหน่งติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำหรับอำเภอแหลมสิงห์

BUS	DG Size MW	Ploss kW	Qloss kVar	Voltage kV
16	0.3332	0.8736	0.4455	21.4687
15	0.3448	0.8743	0.4458	21.472
17	0.3208	0.8796	0.4486	21.4658
14	0.3555	0.9014	0.4597	21.4766
18	0.3081	0.9019	0.4599	21.4639

จากข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์จะพบว่า หากติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในตำแหน่งบัสที่ 16 และใช่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาด 0.34 MW ติดตั้งเข้าในระบบไฟฟ้า จะสามารถลดการสูญเสียของกำลังไฟฟ้าในระบบได้มากที่สุด

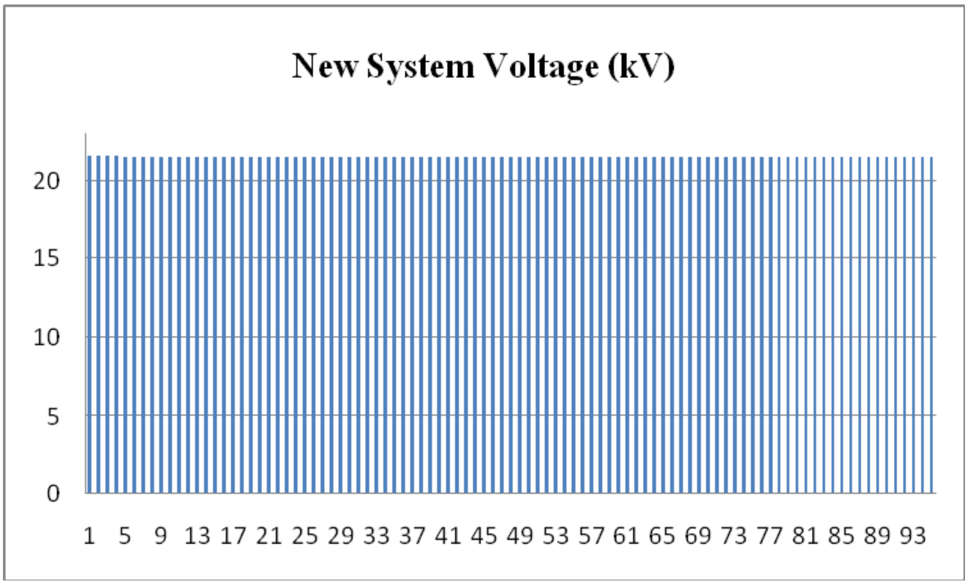


ปที่ 4.40 กำลังไฟฟ้าจริงที่สูญเสียในระบบจำหน่ายเขตอำเภอแหลมสิงห์หลังปรับปรุงระบบ



รูปที่ 4.41 กำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟที่สูญเสียในระบบจำหน่ายเขตอำเภอแหลมสิงห์หลังปรับปรุงระบบ

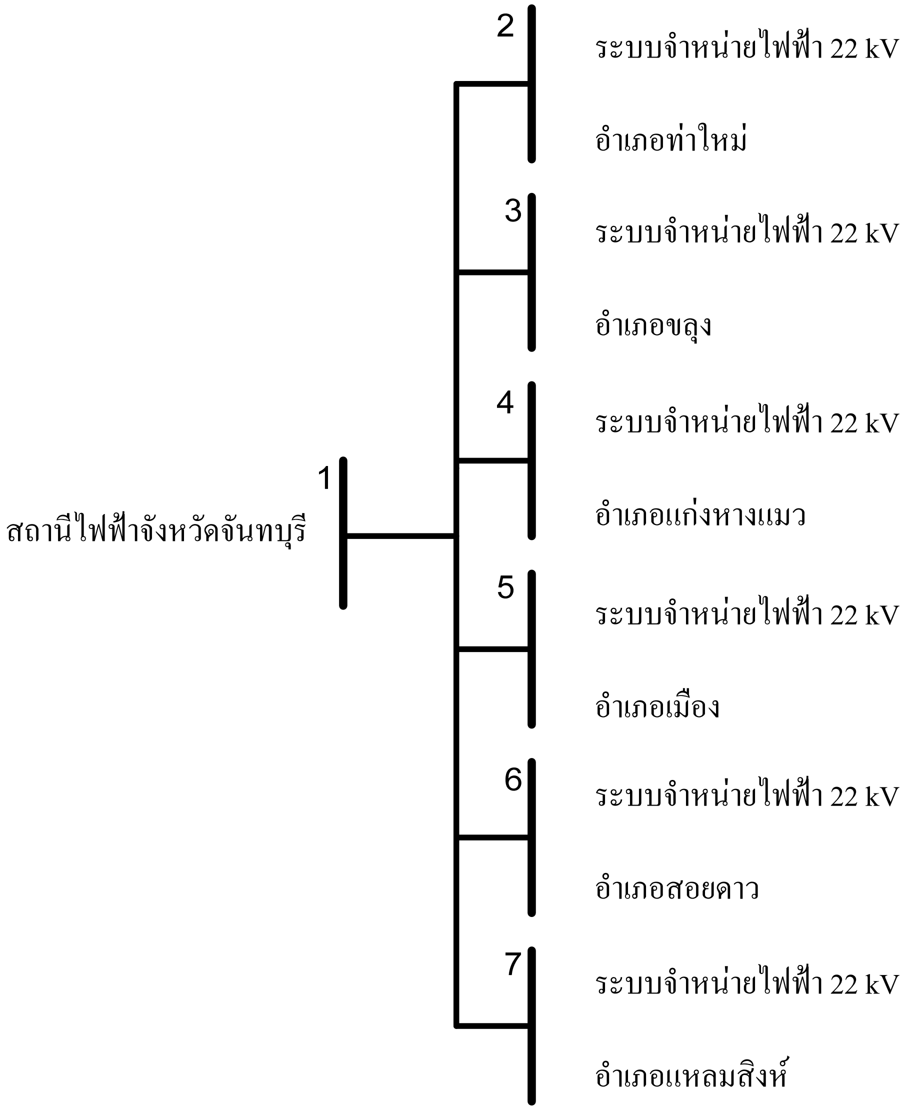
จากการปรับปรุงระบบจำหน่ายไฟฟ้าอำเภอแหลมสิงห์โดยการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กเข้ากับระบบจำหน่ายไฟฟ้าในตำแหน่งบัสที่ 16 ทำให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบจำหน่ายไฟฟ้ามีค่าลดลง



รูปที่ 4.42 แรงดันไฟฟ้าที่บัสต่างๆ ในระบบจำหน่ายอำเภอแหลมสิงห์หลังปรับปรุงระบบ

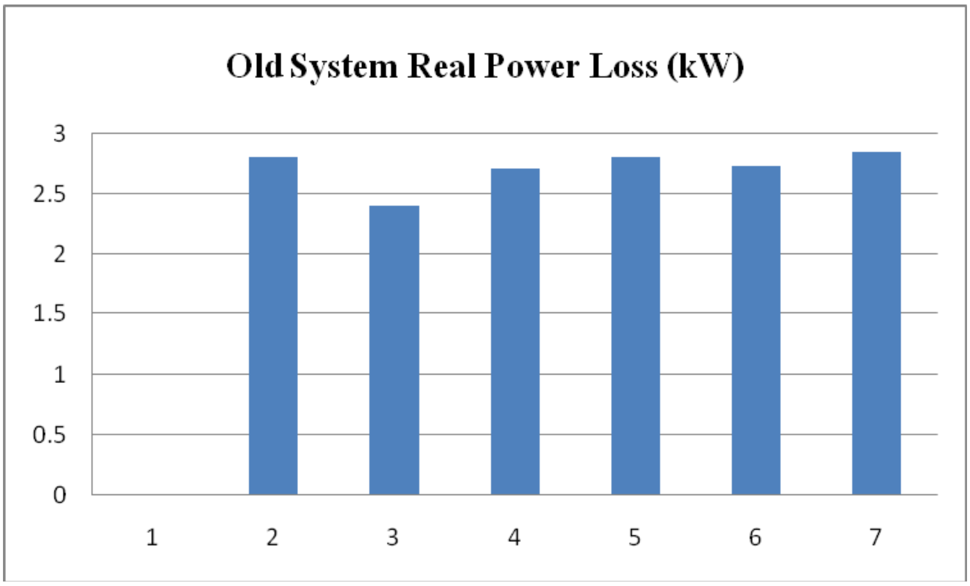
ผลจากการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กเข้ากับระบบจำหน่ายไฟฟ้าในตำแหน่งบัสที่ 16 ทำให้แรงดันในบัสต่างๆ มีค่าสูงขึ้น

4.7 ระบบจำหน่ายไฟฟ้าจังหวัดจันทบุรี

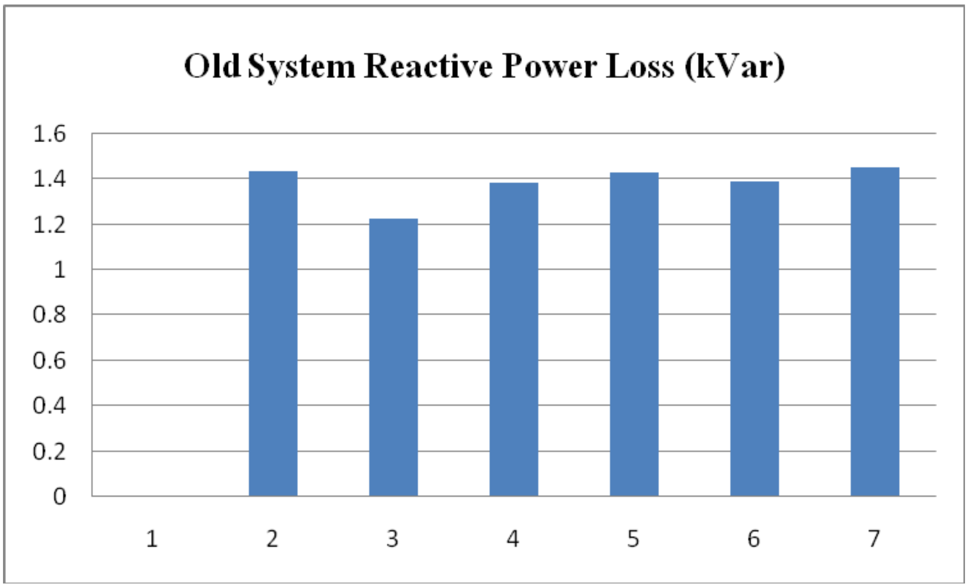


รูปที่ 4.43 ระบบจำหน่ายไฟฟ้า 22 kV จังหวัดจันทบุรี

ระบบจำหน่ายไฟฟ้า 22 kV จังหวัดจันทบุรีมีจำนวนบัสที่ใช้ในการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าโดยแบ่งออกตามเขตทั้งหมด 7 บัส โดยผลจากการคำนวณพบว่า ค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบจำหน่ายไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ 3.023 kW กำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟที่สูญเสียในระบบมีค่าเท่ากับ 1.54 kVar และแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยในระบบอยู่ที่ 21.55 kV

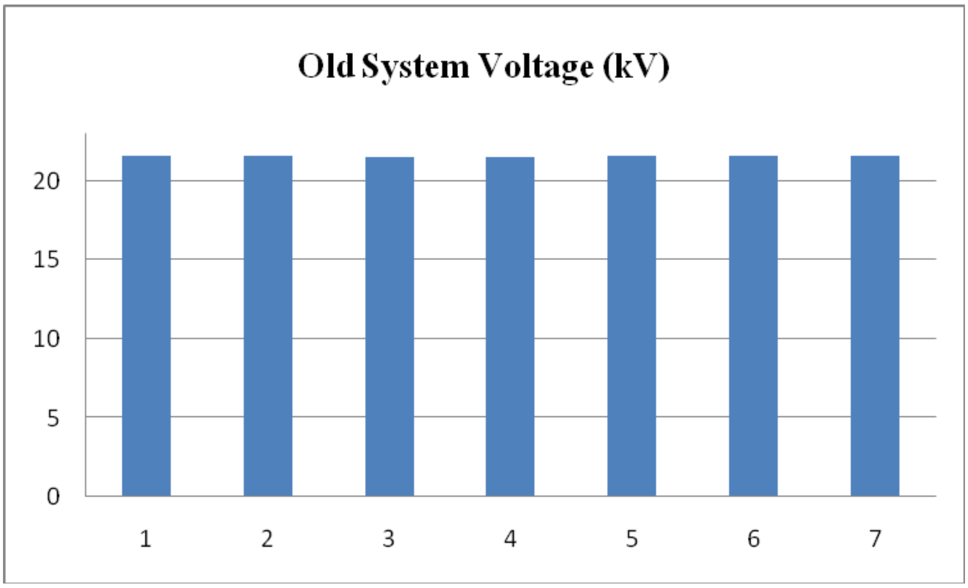


รูปที่ 4.44 กำลังไฟฟ้าจริงที่สูญเสียในระบบจำหน่ายจังหวัดจันทบุรี



รูปที่ 4.45 กำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟที่สูญเสียในระบบจำหน่ายจังหวัดจันทบุรี

รูปที่ 4.44 และ 4.45 แสดงถึงกำลังไฟฟ้าสูญเสียในภาพรวมของจังหวัดจันทบุรี โดยแบ่งออกเป็น 6 ระบบด้วยกัน คือ อำเภอเมือง อำเภอท่าใหม่ อำเภอแก่งหางแมว อำเภอสอยดาว อำเภอขลุง และอำเภอแหลมสิงห์



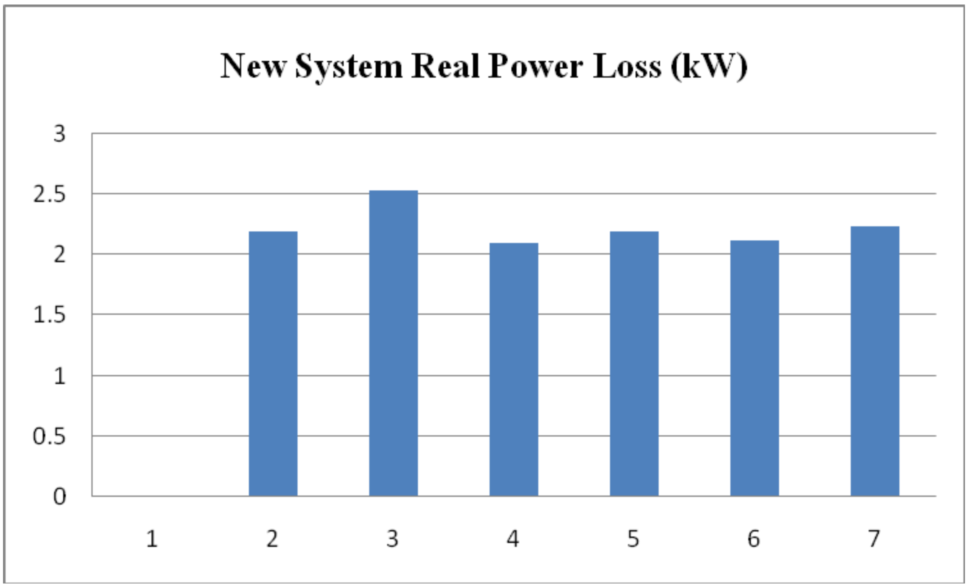
รูปที่ 4.46 แรงดันไฟฟ้าที่บัสต่างๆ ในระบบจำหน่ายจังหวัดจันทบุรี

หลังจากทำการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าในระบบจำหน่ายแล้ว นำข้อมูลของระบบมาวิเคราะห์หาขนาด และตำแหน่งติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กโดยวิธีการการเคลื่อนของกลุ่มอนุภาคเพื่อทำการแก้ปัญหาของระบบจำหน่าย ดังตารางที่ 4.7

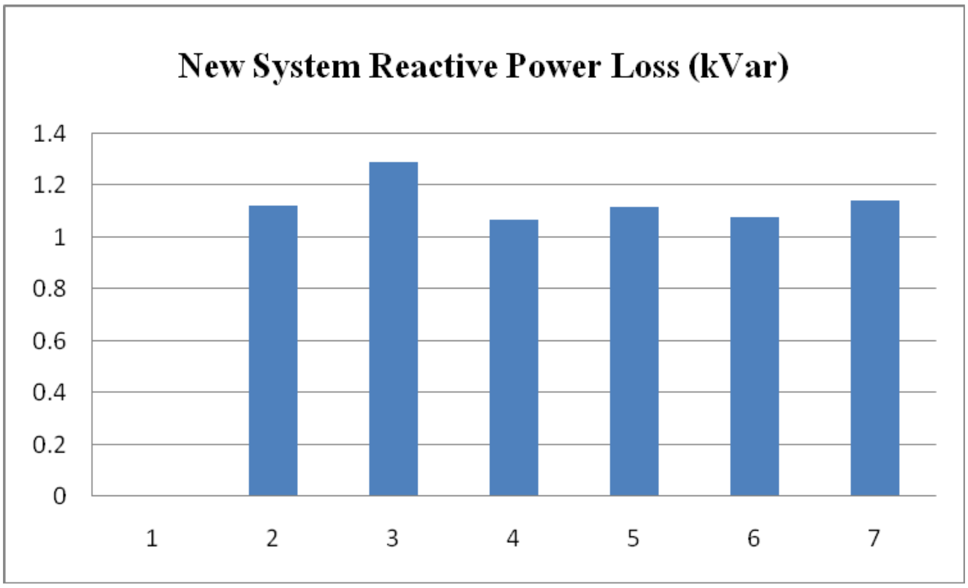
ตารางที่ 4.7 ขนาด และตำแหน่งติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำหรับจังหวัดจันทบุรี

BUS	DG Size MW	Ploss kW	Qloss kVar	Voltage kV
3	0.7566	2.4106	1.2288	21.5407
4	0.5392	2.7124	1.3826	21.5462
6	0.5235	2.7303	1.3917	21.5466
5	0.4481	2.8088	1.4317	21.5486
2	0.4438	2.8129	1.4338	21.5487
7	0.3998	2.8525	1.4541	21.5498

จากตารางที่ 4.7 จะพบว่า หากติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในตำแหน่งบัสที่ 3 โดยติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาด 0.76 MW เข้าในระบบไฟฟ้า จะสามารถลดการสูญเสียของกำลังไฟฟ้าในระบบได้มากที่สุด

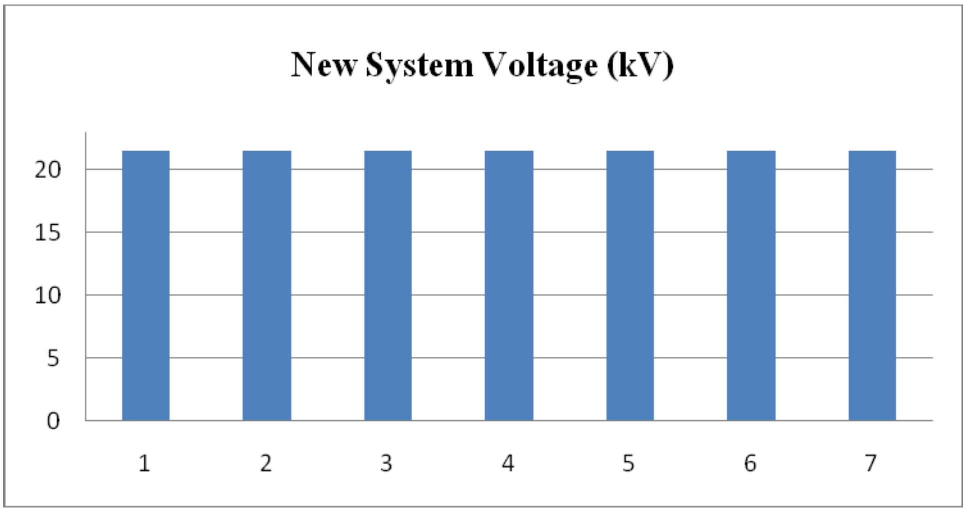


รูปที่ 4.47 กำลังไฟฟ้าจริงที่สูญเสียในระบบจำหน่ายเขตจังหวัดจันทบุรีหลังปรับปรุงระบบ



รูปที่ 4.48 กำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟที่สูญเสียในระบบจำหน่ายจังหวัดจันทบุรีหลังปรับปรุงระบบ

หลังจากการปรับปรุงระบบจำหน่ายไฟฟ้าจังหวัดจันทบุรี โดยการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กแล้ว กำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบของทุกๆบัสมีค่าลดลงเป็นที่น่าพอใจ



รูปที่ 4.49 แรงดันไฟฟ้าที่บัสต่างๆ ในระบบจำหน่ายจังหวัดจันทบุรีหลังปรับปรุงระบบ

แรงดันไฟฟ้าหลังจากปรับปรุงระบบจำหน่ายไฟฟ้าแล้ว พบว่าในบัสที่ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีค่าแรงดันสูงขึ้น ในขณะที่บัสอื่นไม่เห็นผลเด่นชัดเท่าไร

4.8 สรุป

ผลการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเข้าในระบบจำหน่ายไฟฟ้าเพื่อลดการสูญเสียของกำลังไฟฟ้าในระบบ โดยการใช้วิธีการเคลื่อนที่ของกลุ่มอนุภาคช่วยในการวิเคราะห์หาขนาด และตำแหน่งการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้า สามารถช่วยให้หาขนาด และตำแหน่งที่เหมาะสมในการติดตั้งได้

ซึ่งในการวิเคราะห์โดยรวมการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กเข้าในระบบจำหน่ายไฟฟ้า 22 kV ของจังหวัดจันทบุรี สามารถลดการสูญเสียของกำลังไฟฟ้าในระบบได้เป็นอย่างดี โดยสามารถลดกำลังไฟฟ้าจริง และกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟได้ 20.258 % และ 20.20 % ตามลำดับ

ตารางที่ 4.8 ผลการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่อำเภอต่างๆ

	อ.ท่าใหม่		อ.ขลุง		อ.แก่งหางแมว	
	ก่อนติดตั้ง	หลังติดตั้ง	ก่อนติดตั้ง	หลังติดตั้ง	ก่อนติดตั้ง	หลังติดตั้ง
DG Size (MW)	-	0.463	-	0.94	-	0.4794
Ploss (kW)	2.05	0.0907	4.037	2.21	4.75	2.21
Qloss (kVar)	1.04	0.462	2.059	1.127	2.42	1.127
Voltage (kV)	21.49	21.53	21.483	21.52	21.44	21.52

ตารางที่ 4.8 ผลการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่อำเภอต่างๆ (ต่อ)

	อ.เมือง		อ.สอยดาว		อ.แหลมสิงห์	
	ก่อน ติดตั้ง	หลังติดตั้ง	ก่อน ติดตัง	หลังติดตั้ง	ก่อน ติดตัง	หลังติดตั้ง
DG Size (MW)	-	0.3854	-	0.29	-	0.33
Ploss (kW)	2.94	1.366	2.15	1.28	1.9	0.87
Qloss (kVar)	1.5	0.697	1.1	0.65	0.07	0.44
Voltage (kV)	21.46	21.52	21.46	21.53	21.49	21.53

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาเรื่องการวางแผนเพื่อยกระดับเสถียรภาพแรงดันสำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้าในพื้นที่จังหวัดจันทบุรีผู้วิจัยขอเสนอสรุปผลการทดลองงานวิจัยดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

ผลการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเข้าในระบบจำหน่ายไฟฟ้าเพื่อลดการสูญเสียของกำลังไฟฟ้าในระบบ โดยการใช้วิธีการเคลื่อนที่ของกลุ่มอนุภาคช่วยในการวิเคราะห์หาขนาด และตำแหน่งการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้า สามารถช่วยให้หาขนาด และตำแหน่งที่เหมาะสมในการติดตั้งได้

ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้แบ่งระบบจำหน่ายไฟฟ้าจังหวัดจันทบุรีออกเป็น 6 ระบบด้วยกัน คือ อำเภอเมือง อำเภอท่าใหม่ อำเภอแก่งหางแมว อำเภอสอยดาว อำเภอขลุง และอำเภอแหลมสิงห์ โดยทำการคำนวณหาขนาด และตำแหน่งติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กแต่ละระบบโดยแยกออกจากกัน หลังจากนั้นทำการคำนวณหาขนาด และตำแหน่งติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กในภาพรวมคือระบบจำหน่ายไฟฟ้าจังหวัดจันทบุรีอีกครั้งหนึ่ง

จากการวิเคราะห์พบว่า หากติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กเข้ากับระบบจำหน่ายไฟฟ้าโดยแยกการติดตั้งแต่ละระบบ สามารถลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียเฉลี่ยแต่ละระบบลงได้ประมาณ 50 - 55 % แต่หากติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในระบบรวมเพียงเครื่องเดียว สามารถลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียลงได้เพียง 20 %

5.2 ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้นำเสนอถึงการแก้ไข และวางแผนเพื่อยกระดับเสถียรภาพแรงดันในระบบจำหน่ายไฟฟ้าในพื้นที่จังหวัดจันทบุรี โดยการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กเข้าในระบบจำหน่ายไฟฟ้า 22 kV ของจังหวัดจันทบุรี โดยแบ่งระบบจำหน่ายไฟฟ้าของจังหวัดจันทบุรีออกเป็น 6 ระบบด้วยกัน

งานวิจัยนี้ได้ใช้ข้อมูลของระบบจำหน่ายไฟฟ้าในพื้นที่จังหวัดจันทบุรีจริง โดยในการคำนวณได้ทำการยุบกลุ่มหม้อแปลงจำหน่ายเข้าเป็นกลุ่ม และกำหนดให้ระบบสายส่งแรงดันไปยังแต่ละบัสมีระยะทางเท่าๆกัน เพื่อพิจารณาถึงกำลังไฟฟ้าจากโหลดของกลุ่มหม้อแปลงเป็นหลัก ซึ่งอาจมีความละเอียดของข้อมูลไม่สูง เมื่อเทียบกับระบบจริง

ซึ่งผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะดังนี้

5.2.1 การจัดกลุ่มหม้อแปลงอาจทำให้การคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าในระบบไม่ละเอียด

5.2.2 การแก้ปัญหาระยะทางสายส่งแรงดันโดยใช้ระยะทางเท่าๆกัน อาจทำให้การคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าในระบบไม่ละเอียดมากนัก

5.2.3 ข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัยยังไม่ได้คำนึงถึงการเปลี่ยนแปลงของโหลดในระบบ ซึ่งภาระโหลดในระบบจริงอาจมีค่าผิดพลาดจากการวิจัยได้

5.2.4 ขนาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กที่คำนวณได้ อาจไม่มีในท้องตลาด ในการติดตั้งจริงจึงควรเลือกขนาดที่เหมาะสมอีกครั้งหนึ่ง

เอกสารอ้างอิง

[1] อาภาพล มหาวีระ, “เสถียรภาพของแรงดันไฟฟ้าเชื่อมโยงกับระบบขนาดเล็กที่มีแหล่งกำเนิดพลังงานทดแทน”, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, 2552

[2] สถานการณ์นโยบายและมาตรการพลังงานของไทย 2547, (Online) 2010.Available : **http://www.eppo.go.th/doc/report-2547/part-1.html** (มกราคม 2554)

[3] Wichit Krueasuk, Werakon Ongsakul “Optimal Placement of Distributed Generation Using Particle Swarm Optimization” Proceeding of the Australasian, 2006

[4] A.Lakshmi Devi, B.Subramanyam “**Optimal DG Unit placement For Loss Reduction in Radial Distribution System-A Case Study**” ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, VOL 2, NO 6, December 2007

[5] M. Chakravorty, D. Das “**Voltage stability analysis of radial distribution networks**” Electrical Power and Energy System 23, 2001, Page(s):129-135

[6] **Pukar Mahat, Weerakron Ongsakul and Nadarajah Mithulananthan “**Optimal Placement of Wind Turbine DG in Primary Distribution System for Real Loss Reduction**” Energy for Sustainable, 2010**

[7] จังหวัดจันทบุรี, **สภาพทั่วไปของจังหวัด** (Online) 2010. Available : http://www.chanthaburi.go.th/indexA.htm (ธันวาคม 2553)

[8] **กฤษณ์ชนม์ ภูมิกิตติพิชญ์,** “แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการวิเคราะห์ระบบไฟฟ้ากำลัง”, **บริษัท ทริปเพิ้ล เอ็ดดูเคชั่น, กรุงเทพ, 2553, 155 หน้า**

[9] **ธวัช สิริสังกาศ, “**การหาตำแหน่งติดตั้งและขนาดของคาปาซิเตอร์แบงค์ที่เหมาะสมเพื่อลดกำลังสูญเสียในระบบจำหน่ายไฟฟ้าพร้อมทั้งคำนึงถึงความไม่เป็นเชิงเส้นของโหลดโดยวิธีกลุ่มอนุภาค**”, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2550**

[10] คาปาซิเตอร์แบบคงที่, (Online) 2010. Available : **http://www.google.co.th/images?um=1&hl** =th&biw=1261&bih=625&tbs=isch%3A1&sa=1&q= (ธันวาคม 2553)

[11] คาปาซิเตอร์แบบปรับค่าได้, (Online) 2010. Available : http://www.google.co.th/images?um= 1&hl =th&biw=1261&bih=625&tbs=isch%3A1&sa=1&q= (ธันวาคม 2553)

[12] ชรินรัตน์ พานิชชาติ, “กำลังการผลิตและตำแหน่งที่เหมาะสมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก เพื่อลดกำลังสูญเสียในระบบจำหน่ายโดยแนวทางเชิงกำหนด”, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547

[13] Kennedy J. and Eberhart R., “Particle Swarm Optimization”, Proceeding of the IEEE International Conferrence on Neural Network. Perth, Piscataway, 1995

[14] ฝูงนก, (Online) 2010. Available : **http://www.google.co.th/images?um=1&hl**
=th&biw=1261&bih=625&tbs=isch%3A1&sa=1&q= (ธันวาคม 2553)

[15] ธวัช เกิดชื่น และกฤตวิทย์ บัวใหญ่, "**เทคนิคการคำนวณการไหลของกำลังในระบบจำหน่าย**"
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

[16] **Pukar Mahat, Weerakron Ongsakul and Nadarajah Mithulananthan** "Optimal Placement of Wind Turbine DG in Primary Distribution System for Real Loss Reduction"
Energy for Sustainable, 2010

ภาคผนวก ก
โปรแกรมที่ใช้ในการคำนวณ

```
%% OPTIMAL PLACEMENT OF DISTRIBUTED GENERATION USING PSO %%

%% system MVA base
clear
clc
% Base MVA = 50 MVA
baseMVA = 50;
% Base kV = 22 kV.
baseKV=22;
%% Bus data
bus = [
%bus_i type Pd      Qd      Gs  Bs area Vm  Va  baseKV zone Vmax   Vmin
% ==== === =====   =====   === === === === === ====== ==== ====   ======
    1   3   0       0       0   0   1   1   0   22      1   1.05   0.95;
    2   1   0.00704 0.00528 0   0   1   1   0   22      1   1.05   0.95;
    3   1   0.03088 0.02316 0   0   1   1   0   22      1   1.05   0.95;
    4   1   0.00624 0.00468 0   0   1   1   0   22      1   1.05   0.95;
    5   1   0.0088  0.00660 0   0   1   1   0   22      1   1.05   0.95;
    6   1   0.00848 0.00636 0   0   1   1   0   22      1   1.05   0.95;
%      6    1    -2.4536 0.02    0   0   1   1   0   22  1   1.05   0.95;
%adapt
    7   1   0.008   0.006   0   0   1   1   0   22      1   1.05   0.95;
    8   1   0.0104  0.0078  0   0   1   1   0   22      1   1.05   0.95;
    9   1   0.00736 0.00552   0 0   1   1   0   22      1   1.05   0.95;
    10  1   0.00816 0.00612  0  0   1   1   0   22      1   1.05   0.95;
    11  1   0.0032  0.0024   0  0   1   1   0   22      1   1.05   0.95;
    12  1   0.0056  0.0042   0  0   1   1   0   22      1   1.05   0.95;
    13  1   0.00656 0.00492   0 0   1   1   0   22      1   1.05   0.95;
    14  1   0.01056 0.00792   0 0   1   1   0   22      1   1.05   0.95;
    15  1   0.004   0.003   0   0   1   1   0   22      1   1.05   0.95;
    16  1   0.00384 0.00288   0 0   1   1   0   22      1   1.05   0.95;
    17  1   0.0016  0.0012   0  0   1   1   0   22      1   1.05   0.95;
    18  1   0.00656 0.00492   0 0   1   1   0   22      1   1.05   0.95;
    19  1   0.0176  0.0132   0  0   1   1   0   22      1   1.05   0.95;
    20  1   0.0192  0.0144   0  0   1   1   0   22      1   1.05   0.95;
    21  1   0.0056  0.0042   0  0   1   1   0   22      1   1.05   0.95;
    22  1   0.01008 0.00756   0 0   1   1   0   22      1   1.05   0.95;
    23  1   0.0016  0.0012   0  0   1   1   0   22      1   1.05   0.95;
    24  1   0.00096 0.00072   0 0   1   1   0   22      1   1.05   0.95;
    25  1   0.00288 0.00216   0 0   1   1   0   22      1   1.05   0.95;
    26  1   0.00144 0.00108   0 0   1   1   0   22      1   1.05   0.95;
    27  1   0.0032  0.0024   0  0   1   1   0   22      1   1.05   0.95;
    28  1   0.00144 0.00108   0 0   1   1   0   22      1   1.05   0.95;
    29  1   0.00128 0.00096   0 0   1   1   0   22      1   1.05   0.95;
    30  1   0.00512 0.00384   0 0   1   1   0   22      1   1.05   0.95;
    31  1   0.01168 0.00876   0 0   1   1   0   22      1   1.05   0.95;
    32  1   0.00256 0.00192   0 0   1   1   0   22      1   1.05   0.95;
    50  1   0.0024  0.0018   0  0   1   1   0   22      1   1.05   0.95;
    51  1   0.01472 0.01104   0 0   1   1   0   22      1   1.05   0.95;
    52  1   0.00904 0.00678   0 0   1   1   0   22      1   1.05   0.95;
    53  1   0.01056 0.00792   0 0   1   1   0   22      1   1.05   0.95;
    54  1   0.00512 0.00384   0 0   1   1   0   22      1   1.05   0.95;
    55  1   0.012   0.009   0   0   1   1   0   22      1   1.05   0.95;
    57  1   0.008   0.006   0   0   1   1   0   22      1   1.05   0.95;
    58  1   0.00336 0.00252   0 0   1   1   0   22      1   1.05   0.95;
    59  1   0.0048  0.0036   0  0   1   1   0   22      1   1.05   0.95;
    60  1   0.00416 0.00312   0 0   1   1   0   22      1   1.05   0.95;
    33  1   0.0048  0.0036   0  0   1   1   0   22      1   1.05   0.95;
    34  1   0.00416 0.00312   0 0   1   1   0   22      1   1.05   0.95;
    35  1   0.0056  0.0042   0  0   1   1   0   22      1   1.05   0.95;
    36  1   0.00672 0.00504   0 0   1   1   0   22      1   1.05   0.95;
```

```
    37  1   0.0128  0.0096   0  0   1   1   0   22      1   1.05    0.95;
    38  1   0.0024  0.0018   0  0   1   1   0   22      1   1.05    0.95;
    40  1   0.01936 0.01452   0 0   1   1   0   22      1   1.05    0.95;
    41  1   0.016896 0.012672 0 0   1   1   0   22      1   1.05    0.95;
    44  1   0.024   0.018   0   0   1   1   0   22      1   1.05    0.95;
    39  1   0.00656 0.00492   0 0   1   1   0   22      1   1.05    0.95;
    45  1   0.0016  0.0012   0  0   1   1   0   22      1   1.05    0.95;
    47  1   0.00656 0.00492   0 0   1   1   0   22      1   1.05    0.95;
    48  1   0.004   0.003   0   0   1   1   0   22      1   1.05    0.95;
    49  1   0.016   0.012   0   0   1   1   0   22      1   1.05    0.95;
    46  1   0.00664 0.00498   0 0   1   1   0   22      1   1.05    0.95;
    58  1   0.024   0.018   0   0   1   1   0   22      1   1.05    0.95;
    59  1   0.00656 0.00492   0 0   1   1   0   22      1   1.05    0.95;
    60  1   0.00512 0.00384   0 0   1   1   0   22      1   1.05    0.95;
    63  1   0.00696 0.00522   0 0   1   1   0   22      1   1.05    0.95;
    65  1   0.02208 0.01656   0 0   1   1   0   22      1   1.05    0.95;
    64  1   0.0072  0.0054   0  0   1   1   0   22      1   1.05    0.95;
    42  1   0.00304 0.00228   0 0   1   1   0   22      1   1.05    0.95;
    43  1   0.00656 0.00492   0 0   1   1   0   22      1   1.05    0.95;
    66  1   0.012   0.009   0   0   1   1   0   22      1   1.05    0.95;
    67  1   0.00464 0.00348   0 0   1   1   0   22      1   1.05    0.95;
    68  1   0.0016  0.0012   0  0   1   1   0   22      1   1.05    0.95;
    69  1   0.00256 0.00192   0 0   1   1   0   22      1   1.05    0.95;
    70  1   0.00512 0.00384   0 0   1   1   0   22      1   1.05    0.95;
    71  1   0.0056  0.0042   0  0   1   1   0   22      1   1.05    0.95;
    73  1   0.0152  0.0114   0  0   1   1   0   22      1   1.05    0.95;
    74  1   0.00656 0.00492   0 0   1   1   0   22      1   1.05    0.95;
    72  1   0.00656 0.00492   0 0   1   1   0   22      1   1.05    0.95;
    75  1   0.0056  0.0042   0  0   1   1   0   22      1   1.05    0.95;
    76  1   0.01056 0.00792   0 0   1   1   0   22      1   1.05    0.95;
%    ====================================================================
];

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

%% Branch data
branch = [
% fbus  tbus  r         x       b   rateA rateB rateC ratio angle  status
% ====  ====  ===       ===     === ===== ===== ===== ===== =====  ======
1   2   0.0058  0.0030  0   10  10  10  0   0   1;
2   3   0.0308  0.0157  0   10  10  10  0   0   1;
3   4   0.0308  0.0157  0   10  10  10  0   0   1;
4   5   0.0308  0.0157  0   10  10  10  0   0   1;
5   6   0.0308  0.0157  0   10  10  10  0   0   1;
6   7   0.0308  0.0157  0   10  10  10  0   0   1;
7   8   0.0308  0.0157  0   10  10  10  0   0   1;
8   9   0.0308  0.0157  0   10  10  10  0   0   1;
9   10  0.0308  0.0157  0   10  10  10  0   0   1;
10  11  0.0308  0.0157  0   10  10  10  0   0   1;
11  12  0.0308  0.0157  0   10  10  10  0   0   1;
12  13  0.0308  0.0157  0   10  10  10  0   0   1;
13  14  0.0308  0.0157  0   10  10  10  0   0   1;
14  15  0.0308  0.0157  0   10  10  10  0   0   1;
15  16  0.0308  0.0157  0   10  10  10  0   0   1;
16  17  0.0308  0.0157  0   10  10  10  0   0   1;
```

```
17  18  0.0308  0.0157  0   10  10  10  0   0   1;
18  19  0.0308  0.0157  0   10  10  10  0   0   1;
19  20  0.0308  0.0157  0   10  10  10  0   0   1;
20  21  0.0308  0.0157  0   10  10  10  0   0   1;
21  22  0.0308  0.0157  0   10  10  10  0   0   1;
22  23  0.0308  0.0157  0   10  10  10  0   0   1;
23  24  0.0308  0.0157  0   10  10  10  0   0   1;
24  25  0.0308  0.0157  0   10  10  10  0   0   1;
25  26  0.0308  0.0157  0   10  10  10  0   0   1;
26  27  0.0308  0.0157  0   10  10  10  0   0   1;
27  28  0.0308  0.0157  0   10  10  10  0   0   1;
27  29  0.0308  0.0157  0   10  10  10  0   0   1;
2   30  0.0308  0.0157  0   10  10  10  0   0   1;
3   31  0.0308  0.0157  0   10  10  10  0   0   1;
31  32  0.0308  0.0157  0   10  10  10  0   0   1;
5   33  0.0308  0.0157  0   10  10  10  0   0   1;
33  34  0.0308  0.0157  0   10  10  10  0   0   1;
34  35  0.0308  0.0157  0   10  10  10  0   0   1;
35  36  0.0308  0.0157  0   10  10  10  0   0   1;
36  37  0.0308  0.0157  0   10  10  10  0   0   1;
37  38  0.0308  0.0157  0   10  10  10  0   0   1;
33  39  0.0308  0.0157  0   10  10  10  0   0   1;
34  40  0.0308  0.0157  0   10  10  10  0   0   1;
36  41  0.0308  0.0157  0   10  10  10  0   0   1;
41  42  0.0308  0.0157  0   10  10  10  0   0   1;
37  43  0.0308  0.0157  0   10  10  10  0   0   1;
6   44  0.0308  0.0157  0   10  10  10  0   0   1;
7   45  0.0308  0.0157  0   10  10  10  0   0   1;
8   46  0.0308  0.0157  0   10  10  10  0   0   1;
9   47  0.0308  0.0157  0   10  10  10  0   0   1;
47  48  0.0308  0.0157  0   10  10  10  0   0   1;
48  49  0.0308  0.0157  0   10  10  10  0   0   1;
10  50  0.0308  0.0157  0   10  10  10  0   0   1;
50  51  0.0308  0.0157  0   10  10  10  0   0   1;
51  52  0.0308  0.0157  0   10  10  10  0   0   1;
52  53  0.0308  0.0157  0   10  10  10  0   0   1;
53  54  0.0308  0.0157  0   10  10  10  0   0   1;
54  55  0.0308  0.0157  0   10  10  10  0   0   1;
51  57  0.0308  0.0157  0   10  10  10  0   0   1;
57  58  0.0308  0.0157  0   10  10  10  0   0   1;
58  59  0.0308  0.0157  0   10  10  10  0   0   1;
59  60  0.0308  0.0157  0   10  10  10  0   0   1;
57  61  0.0308  0.0157  0   10  10  10  0   0   1;
61  62  0.0308  0.0157  0   10  10  10  0   0   1;
58  63  0.0308  0.0157  0   10  10  10  0   0   1;
63  64  0.0308  0.0157  0   10  10  10  0   0   1;
63  65  0.0308  0.0157  0   10  10  10  0   0   1;
50  56  0.0308  0.0157  0   10  10  10  0   0   1;
11  57  0.0308  0.0157  0   10  10  10  0   0   1;
12  67  0.0308  0.0157  0   10  10  10  0   0   1;
67  68  0.0308  0.0157  0   10  10  10  0   0   1;
68  69  0.0308  0.0157  0   10  10  10  0   0   1;
69  70  0.0308  0.0157  0   10  10  10  0   0   1;
70  71  0.0308  0.0157  0   10  10  10  0   0   1;
69  72  0.0308  0.0157  0   10  10  10  0   0   1;
72  73  0.0308  0.0157  0   10  10  10  0   0   1;
73  74  0.0308  0.0157  0   10  10  10  0   0   1;
72  75  0.0308  0.0157  0   10  10  10  0   0   1;
75  76  0.0308  0.0157  0   10  10  10  0   0   1;
%
========================================================================
```

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

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


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

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

%BACKWARD SWEEP
Vk=V;
for dd=1:n;
```

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

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

for gg=1:N
    Pi(gg)=(Pg(gg)-Pl(gg));
    Qi(gg)=(Qg(gg)-Ql(gg));
end
Vm=abs(V);%*baseKV;
Delta=angle(V);
for hh=1:N
    for ii=1:N
    alpha(hh,ii)=Rik(hh,ii)*cos(Delta(hh)-Delta(ii))/(Vm(hh)*Vm(ii));
    beta(hh,ii)=Rik(hh,ii)*sin(Delta(hh)-Delta(ii))/(Vm(hh)*Vm(ii));
    gama(hh,ii)=Xik(hh,ii)*cos(Delta(hh)-Delta(ii))/(Vm(hh)*Vm(ii));
    geta(hh,ii)=Xik(hh,ii)*sin(Delta(hh)-Delta(ii))/(Vm(hh)*Vm(ii));
    end
end




LL1=2; %limit of min location
LH1=33;%limit of max location
LL2=2; %limit of min location
LH2=33;%limit of max location
LL3=2; %limit of min location
LH3=33;%limit of max location
SL1=0.05;%limit of min size DG
SH1=2; %limit of max size DG
SL2=0.05;%limit of min size DG
SH2=2; %limit of max size DG
SL3=0.05;%limit of min size DG
SH3=2; %limit of max size DG
```

```
%=================================================================
%case1.m
%=================================================================
% this program finds the optimal DG size and location when DG supply real
power only
clear;
clc;
% inputBus69;
input33;
% inputBus33;
bustype=bus(:,2);
Pl=bus(:,3)/baseMVA;
Ql=bus(:,4)/baseMVA;
FN = branch(:,1);
TN = branch(:,2);
R = branch(:,3);
X = branch(:,4);
B = branch(:,5);
N=length(bustype);
Pg=zeros(N,1);
Qg=zeros(N,1);
V=DLF(bustype,Pg,Qg,Pl,Ql,FN,TN,R,X,B,baseMVA);
zbus=Zbus(branch);
% Finding Optimal Size of the DG When DG supply Real Power Only
Rik=real(zbus);                             % finding R bus
Xik=imag(zbus);                             % finding Xbus
for i=1:N
    Pi(i)=(Pg(i)-Pl(i));
    Qi(i)=(Qg(i)-Ql(i));
end
Vm=abs(V);
Delta=angle(V);
for i=1:N
    for k=1:N
        alpha(i,k)=Rik(i,k)*cos(Delta(i)-Delta(k))/(Vm(i)*Vm(k));
        beta(i,k)=Rik(i,k)*sin(Delta(i)-Delta(k))/(Vm(i)*Vm(k));
        gama(i,k)=Xik(i,k)*cos(Delta(i)-Delta(k))/(Vm(i)*Vm(k));
        geta(i,k)=Xik(i,k)*sin(Delta(i)-Delta(k))/(Vm(i)*Vm(k));
    end
end
% Finding the Original Loss
Plss=0;
Qlss=0;
for i=1:N
    for k=1:N
        % approximate loss calculation
 Plss=Plss+(alpha(i,k)*(Pi(i)*Pi(k)+Qi(i)*Qi(k))+beta(i,k)*(Qi(i)*Pi(k)-
Pi(i)*Qi(k)));
% approximate loss calculation
 Qlss=Qlss+(gama(i,k)*(Pi(i)*Pi(k)+Qi(i)*Qi(k))+geta(i,k)*(Qi(i)*Pi(k)-
Pi(i)*Qi(k)));
    end
end
for i=1:N
    sum=0;
    for k=1:N
        if k~=i
            sum=sum+(alpha(i,k)*Pi(k)-beta(i,k)*Qi(k));
        end
    end
% PDG is the optimal size of the DG to be placed at node i.
```

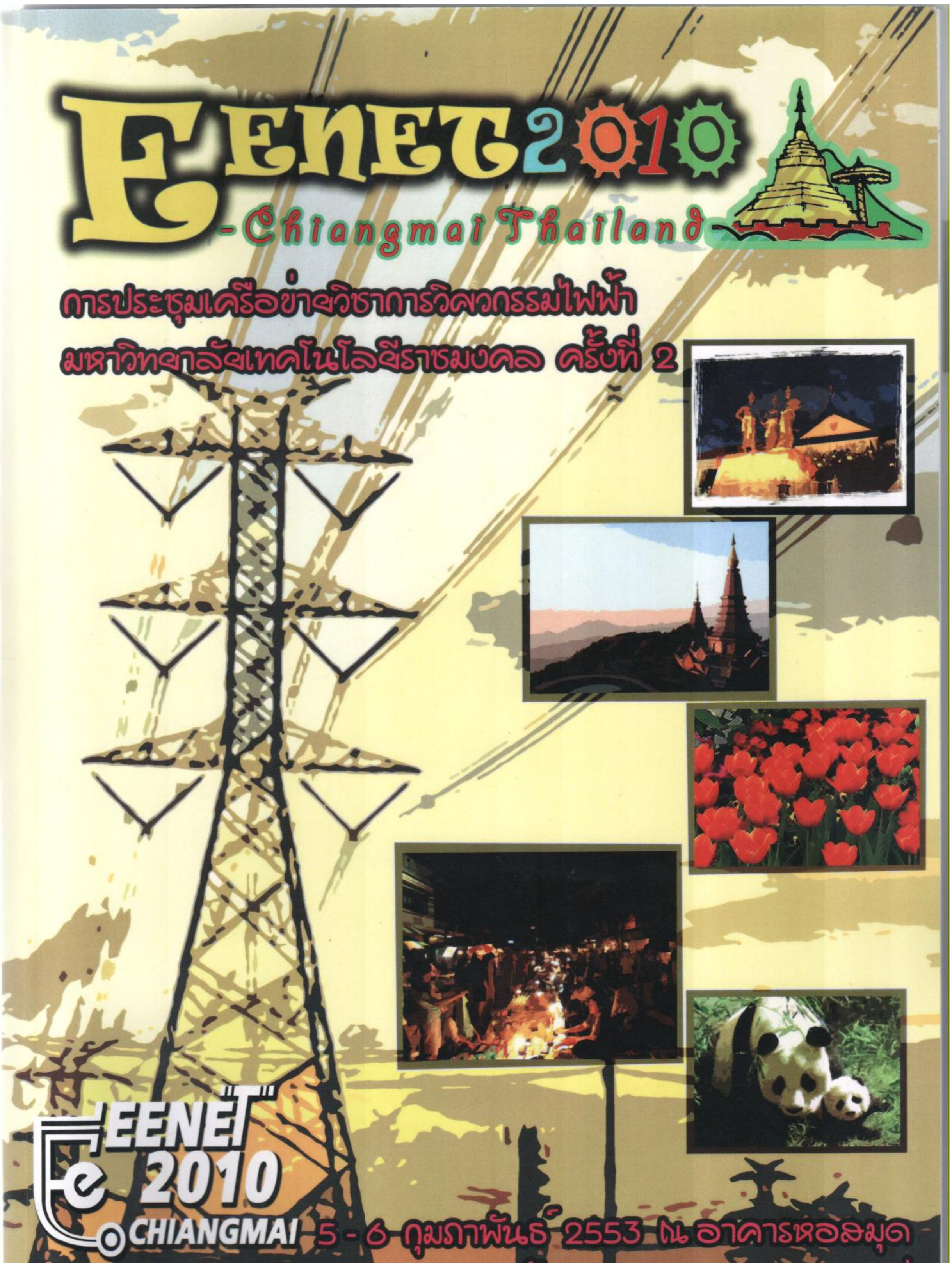
```
    PDG(i)=Ql(i) - sum/alpha(i,i);
end
Ploss=zeros(N,1);
Qloss=zeros(N,1);
for m=2:N    % location of DG
    Pi(m)=Pi(m)+PDG(m);
    for i=1:N  % i is the bus contating DG...we will test by placing one
by one in each bus
        for k=1:N

Ploss(m)=Ploss(m)+(alpha(i,k)*(Pi(i)*Pi(k)+Qi(i)*Qi(k))+beta(i,k)*(Qi(i)*
Pi(k)-Pi(i)*Qi(k))); % approximate loss calculation

Qloss(m)=Qloss(m)+(gama(i,k)*(Pi(i)*Pi(k)+Qi(i)*Qi(k))+geta(i,k)*(Qi(i)*P
i(k)-Pi(i)*Qi(k))); % approximate loss calculation
        end
    end
    Pi(m)=Pi(m)-PDG(m);
end
 clc
for i=1:N-1;
    result(i,1)=i+1;
    result(i,2)=PDG(i+1)*baseMVA;
    result(i,3)=Ploss(i+1)*baseMVA*1000;
    result(i,4)=Qloss(i+1)*baseMVA*1000;
    result(i,5)=Vm(i+1)*baseKV;
end
BusRanking=sortrows(result,[3]);
fprintf('\n')
fprintf('\t Optimal Size of DGs for Each Bus and Corresponding Losses\n')
fprintf('\t The Real Power Loss in the original System       = %3.4f
kW\n',Plss*baseMVA*1000)
fprintf('\t The Reactive Power Loss in the original System   = %3.4f
KVar\n',Qlss*baseMVA*1000)
fprintf('\t The Voltage Average in the original System       = %3.4f
KV\n',Vm(1)*22)
fprintf('\n')
fprintf('\t\t---------------------------------------------------------\n')
fprintf('\t\t\tBUS\t\t DG SIZE\t\t  PLoss\t\t     QLoss\t\t\n')
fprintf('\t\t\tNo:\t\t   MW   \t\t   kW  \t\t     kVar\t\t\n')
fprintf('\t\t---------------------------------------------------------\n')
for m=1:N-1;
    fprintf('\t\t\t %g', BusRanking(m,1))
    fprintf('\t\t %3.4f', BusRanking(m,2))
    fprintf('\t\t\t %3.4f', BusRanking(m,3))
    fprintf('\t\t\t %3.4f', BusRanking(m,4))
    fprintf(' \t\t%3.4f', BusRanking(m,5)), fprintf(' \n')
end
fprintf('\t\t---------------------------------------------------------\n')
```

ภาคผนวก ข

ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่


EENET 2010
-Chiangmai Thailand-
การประชุมเครือข่ายวิชาการวิศวกรรมไฟฟ้า
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 2
EENET
2010
CHIANGMAI
5 - 6 กุมภาพันธ์ 2553 ณ อาคารหอสมุด

ุ่มที่ CP 2: วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ 02

นเสาร์ที่ 6 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553, เวลา 09.00-10.00 น. ห้อง: Study room 4 อาคารหอสมุด

ระธานควบคุมการบรรยาย ดร. ปรียากร ทิพยวัย, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

งประธานควบคุมการบรรยาย อ. อุคม สุธาคำ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

P2-1 09.00น. **เรื่อง โปรแกรมคำนวณระบบจำหน่ายไฟฟ้ากระแสตรงด้วยพลังงานทดแทน**

ผู้แต่ง อาภาพล มหาวีระ[1] ดนัย ทองธวัช[2] และ เจษฎา พรหมเกษ[1]

น้า 436 [1]มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร

[2]มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

P2-2 09.20น. **เรื่อง ระบบควบคุมป้ายโฆษณาผ่านระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ต**

ผู้แต่ง สมนึก สุระธง[1] เอกลักษณ์ แก้วมาเรือน[1] และ จัตวา บุญตรง[1]

น้า 440 [1]มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เขตพื้นที่ภาคพายัพ

P2-3 09.40น. **เรื่อง เครื่องบันทึกเวลาใช้งานโทรศัพท์**

ผู้แต่ง พฤฒิพงศ์ นิวัติยะกุล[1] ธนเดช เพลัย[1] และ อนุชล หอมเสียง[1]

น้า 445 [1]มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เขตพื้นที่ภาคพายัพ

P2-4 10.00น. **เรื่อง ระบบบันทึกข้อมูลหลายตัวตรวจจับใช้ตัวประมาลผลหลายแกน**

ผู้แต่ง วณพันธ์ วัยวุฒิ[1]

น้า 449 [1]สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

โปรแกรมคำนวณระบบจำหน่ายไฟฟ้ากระแสตรงด้วยพลังงานทดแทน

Calculation Program of Direct Current Distribution Systems with Renewable Energy

อาภาพล มหาวีระ[1], ดนัย ทองธวัช[2] และ เจษฎา พรหมเกษ[1]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร 199 ม.3 ถ.พังโคน-วาริชภูมิ ต.พังโคน อ.พังโคน จ.สกลนคร 47160 โทรศัพท์: 0-4277-1392 E-mail: apapol.ma@rmuti.ac.th, chedsada.ph@rmuti.ac.th

[2]ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 39 ม.1 ถ.รังสิต-นครนายก ต.คลองหก จ.ปทุมธานี 12110 โทรศัพท์: 0-2549-3420 E-mail: dan_tao@hotmail.com

บทคัดย่อ

ปัจจุบันในประเทศไทยมีการเดินสายส่งไฟฟ้าด้วยระบบไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส 4 สาย จะเห็นว่าจะต้องเดินสายไฟฟ้าในระยะทางไกลๆ ซึ่งมีการลงทุนสูงในการซื้อวัสดุอุปกรณ์ โดยเฉพาะสายส่งไฟฟ้าก็ต้องใช้เป็นจำนวนมากในการเดินสายส่งเพื่อส่งไปยังโหลด แต่ถ้าเปลี่ยนเป็นระบบสายส่งไฟฟ้ากระแสตรงแทน จะมีจำนวนสายส่งลดลงเหลือแค่ 2 สาย ดังนั้นเพื่อเป็นการประหยัดเวลาในการคำนวณจึงได้เขียนโปรแกรมการคำนวณระบบจำหน่ายไฟฟ้ากระแสตรงด้วยพลังงานทดแทนโดยใช้โปรแกรม MATLAB เน้นการเขียนโปรแกรมกราฟิกติดต่อกับผู้ใช้ในรูปแบบของ GUI (graphic user interface) เพื่อนำข้อมูลที่ป้อนไปคำนวณและแสดงผลออกมาในรูปกราฟิก จากโปรแกรมที่เขียนขึ้นมาจะแสดงค่าของแรงดันต้นสาย แรงดันปลายสาย กระแสรวม ความยาวสายส่งทั้งหมด ขนาดของเครื่องกำเนิดที่ต้องใช้ เส้นผ่านศูนย์กลางของสายส่ง โดยตัวโปรแกรมมีรูปแบบลักษณะการใช้งานที่ง่ายและมีคำอธิบายการใช้งานของโปรแกรมอย่างละเอียด เพื่อให้ผู้ใช้สะดวกต่อการใช้งานโปรแกรม

คำสำคัญ: ระบบจำหน่ายไฟฟ้า, โปรแกรมกราฟิกติดต่อกับผู้ใช้

Abstract

Now in Thailand has distributor electricity walking with alternating current systems 3 phase 4 wire. Will think must cable the electric line in the distance far which there is tall investment in tool buying. Especially electricity distribution must use greatly in distribution walking for send to go to still load. If become distribution direct current system replaces will have distribution amount is down are left 2 wire the heel. Thus for time saving has in the calculation then writes calculation program of direct current distribution system with renewable energy . By use a program MATLAB emphasize writing in the format of GUI (graphic user interface) for lead the data that feed to go to calculate and show come out in graph picture from a program will that write to upward show the value of pressure late end pressure late the trend totals up. Length distributor all the size of the origin at must use the heel splits the center of the distributor. By a program has character usability easy format and have usability explanation of a program thoroughly for convenient user builds program usability

Keywords: distribution system, GUI (graphic user interface)

1. คำนำ

พลังงานทดแทน เป็นสิ่งที่มีมานานแล้ว และคงอยู่คู่กับมนุษย์เรามาโดยตลอด เพราะพลังงานทดแทนเป็นพลังงานที่ได้จากธรรมชาติรอบตัวเรา พืช สิ่งมีชีวิตและอากาศในธรรมชาติสามารถใช้เป็นพลังงานทดแทนได้ การที่มนุษย์รู้จักการนำเศษไม้มาก่อไฟเพื่อให้ความร้อนและแสงสว่างในยามค่ำคืน การเลี้ยงสัตว์เพื่อใช้เป็นเครื่องทุ่นแรงในการเดินทาง หรือขนถ่ายสิ่งของไปยังที่ต่างๆ การใช้กระแสลมกับกังหันลมเพื่อฉุดระหัดวิดน้ำ ล้วนจัดว่าเป็นการใช้พลังงานทดแทนต่อมา เมื่อโลกมีวิวัฒนาการมากขึ้น มีการใช้พลังงานจากแหล่งอื่นๆ จึงทำให้การใช้พลังงานทดแทนถูกแทนที่ด้วยพลังงานจากแหล่งอื่นๆ จนในปัจจุบันเมื่อน้ำมันมีราคาแพงและจะหมดไปในที่สุดพลังงานทดแทนจึงจำเป็นต้องกลับมามีบทบาทสำคัญในการนำมาใช้เป็นแหล่งพลังงานสำหรับประเทศไทย พลังงานทดแทนที่สำคัญได้แก่ พลังงานแสงอาทิตย์ ลมน้ำและชีวมวล ซึ่งชีวมวลประกอบด้วย วัสดุเหลือทิ้งการเกษตร มูลสัตว์/น้ำเสีย ขยะอินทรีย์ และ พืชน้ำมัน ซึ่งพลังงานทดแทนที่นำเข้ามาเกี่ยวข้องกับก็จะมีอยู่ด้วยกัน 3 ระบบ ซึ่งประกอบด้วย พลังงานลม พลังงานแสงอาทิตย์ และพลังงานเซลล์เชื้อเพลิง

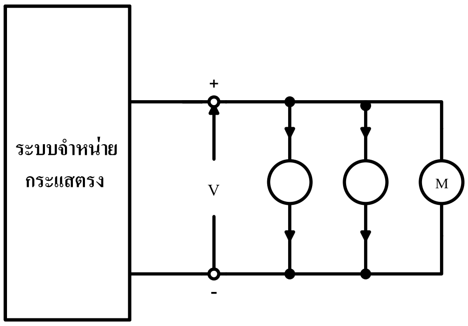
ปัจจุบันในประเทศไทยมีการเดินสายส่งไฟฟ้าด้วยระบบไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส 4 สาย จะเห็นว่าจะต้องเดินสายไฟฟ้าในระยะทางไกลๆ ซึ่งต้องมีการลงทุนสูงในการซื้อวัสดุอุปกรณ์ โดยเฉพาะสายไฟฟ้าก็ต้องใช้เป็นจำนวนมากในการ

2. ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ระบบการจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง

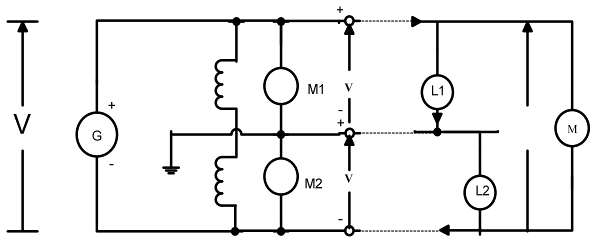
ระบบการจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแบ่งเป็น 2 ระบบ

ระบบ 2 สาย จะประกอบด้วยสายบวกและสายลบและสายที่นำกระแสไฟฟ้าไหลกลับหรือสายลบ อุปกรณ์ฟ้าที่ต่อในระบบจะต่อขนานกับแหล่งจ่าย และต่อขนานเป็นลำดับไประหว่างสายบวกและสายลบ ระบบ 2 สายนี้จะมีแรงดันมาตรฐาน 220 V เมื่อนำระบบนี้ไปเปรียบเทียบกับระบบ 3 สายที่จะกล่าวต่อไปจะพบว่าระบบ 2 สายนี้มีประสิทธิภาพและเสถียรภาพต่ำ



รูปที่ 1 ระบบการจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 2 สาย

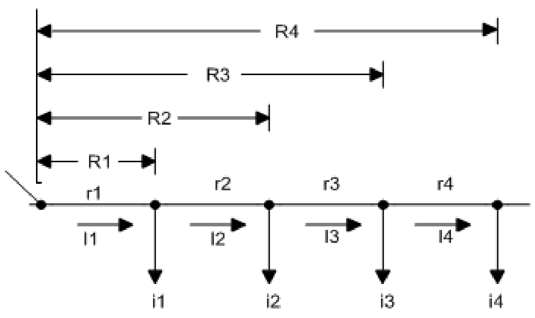
ระบบ 3 สาย จะประกอบด้วยสายด้านนอกสุด 2 สาย และสายตรงกลางซึ่งเป็นสายนิวทรัลและสายดิน แรงดันระหว่างสายด้านนอกทั้ง 2 สายมีค่า 460 V และแรงดันระหว่างสายด้านนอกที่เป็นสายบวกกับสายนิวทรัลเป็น 230 V และแรงดันระหว่างสายด้านนอกที่เป็นสายลบกับสายนิวทรัลเป็น 230 V เช่นกัน ในการจัดทำระบบ 3 สายซึ่งมีสายกลางเป็นสายร่วมซึ่งสามารถทำได้ดังรูปที่ 2 โดยมีเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง (G) จ่ายแรงดันให้แก่มอเตอร์กระแสตรง M_1 และ M_2 ที่ต่อร่วมกันถือว่าเป็นตัวเดียวกัน โดยมีขดลวดอาร์เมเจอร์และขดลวดสนามขนาน (shunt field) ต่ออนุกรมกันตามลำดับ ก็จะได้จุดต่อร่วมของอาเมเจอร์เป็นสายนิวทรัลและสายดิน L_1 และ L_2 เป็นโหลดประเภทแสงสว่างและความร้อน ส่วนโหลดมอเตอร์กระแสตรง (M) เป็นมอเตอร์แรงสูง (460 V)



รูปที่ 2 ระบบการจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 3 สาย

2.2 การคำนวณค่าทางไฟฟ้าแบบเรเดียลจ่ายแรงดันทางเดียว

การจำหน่ายไฟฟ้ากระแสตรงแบบเรเดียลจะมีลักษณะเป็นแนวเส้นตรง ซึ่งแบ่งได้ตามลักษณะของการจ่ายแรงดันและลักษณะการจ่ายโหลดพิจารณารูปที่ 3 ได้ดังนี้



รูป**ที่** 3 การจำหน่ายไฟฟ้ากระแสตรงแบบเรเดียลจ่ายแรงดันทางเดียว

กำหนดให้

i1, i2, i3, i4 คือ กระแสไฟฟ้าที่แยกไหลจากสายจำหน่ายผ่านโหลด

I1, I2, I3, I4 คือ กระแสไฟฟ้าที่ไหลในช่วงต่างๆ ของระบบ

r1, r2, r3, r4 คือ ค่าความต้านทานในช่วงต่างๆ

R1, R2, R3, R4 คือ ค่าความต้านทานไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายต้นทางไปจนถึงโหลดที่ตำแหน่งต่างๆ

V คือ แรงดันตกคร่อมสายจำหน่ายทั้งหมดต่อเส้น

ขั้นตอนที่ 1 คำนวณหาค่าแรงดันตกคร่อมในสาย 1 เส้น และคำนวณหาค่าเส้นผ่านศูนย์กลางสาย

$$V = I_1.R_1 + I_2.R_2 + I_3.R_3 + \ldots + I_n.R_n \quad (1)$$

ขั้นตอนที่ 2 คำนวณหาค่าความต้านทานภายในสาย

$$R = \rho \frac{\ell}{A} \quad (2)$$

ขั้นตอนที่ 3 คำนวณหาค่ากระแสทั้งหมด

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3 + \ldots + I_n \quad (3)$$

ขั้นตอนที่ 4. คำนวณหาขนาดของเครื่องกำเนิดที่ใช้

$$V_p = V \times I_T \times 1.25 \quad (4)$$

3. การทำงานของโปรแกรม

ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม

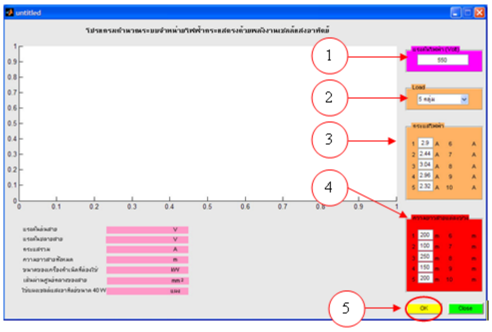
ขั้นตอนที่ 1. กรอกข้อมูลแต่ละช่องให้ครบทุกช่อง

ขั้นตอนที่ 2. กด OK เพื่อต้องการให้โปรแกรมทำงาน

ขั้นตอนที่ 3. โปรแกรมทำการคำนวณค่าต่างๆ ที่ได้ทำการกรอกไว้ด้วยสมการที่เขียนไว้ตั้งแต่ต้น

ขั้นตอนที่ 4. โปรแกรมทำการแสดงผลค่าต่างๆ ของสมการ

ขั้นตอนที่ 5. จบการทำงาน



รูปที่4 ขั้นตอนการใช้งานโปรแกรม

จากรูปที่ 4 แสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม

หมายเลข 1 ทำการกรอกขนาดแรงดันที่ต้องการในช่องว่าง ในตัวอย่างนี้ขนาดของแรงดันคือ 550 V

หมายเลข 2 คลิกเลือกกลุ่มโหลดในตัวอย่างนี้เลือกใช้ 5 กลุ่ม

หมายเลข 3 กรอกกระแสโหลดแต่ละช่องให้ครบทั้ง 5 ช่อง

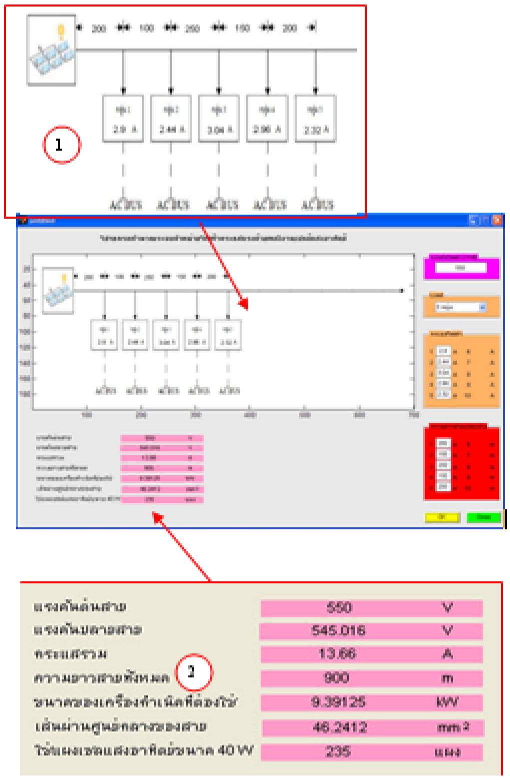
หมายเลข 4 กรอกความยาวของสายแต่ละช่วงให้ครบทั้ง 5 ช่อง

หมายเลข 5 ทำการรันโปรแกรมเพื่อให้โปรแกรมเริ่มทำงาน

ส่วนในรูปที่ 5 โปรแกรมทำการแสดงค่าการคำนวณทั้งหมด 2 ส่วน คือ

หมายเลข 1 จะเป็นการแสดงผลรูปภาพ แสดงชนิดของแหล่งกำเนิดพลังงาน ความยาวของสายส่งแต่ละช่วงกระแสโหลดแต่ละกลุ่ม

หมายเลข 2 เป็นส่วนการแสดงผลตัวเลขการคำนวณหาค่าต่างๆ แสดงแรงดันต้นทาง แรงดันปลายทาง กระแสรวม ความยาวสายทั้งหมด ขนาดของแหล่งกำเนิดที่ใช้ เส้นผ่านศูนย์กลางของสายและจำนวนของแหล่งกำเนิดพลังงานที่ใช้



รูปที่ 5 ผลของโปรแกรม

สรุป

โปรแกรมจำลองระบบจำหน่ายไฟฟ้ากระแสตรงด้วยพลังงานทดแทน สามารถนำไปใช้กับพื้นที่ต่างๆ ที่ต้องการใช้ระบบไฟฟ้ากระแสตรง เช่น การหาค่าแรงดัน (V) กระแส (A) ขนาดของเครื่องกำเนิด (W) หาค่าขนาดของเครื่องกำเนิด เส้นผ่าศูนย์กลางของสาย และความต้านทานของสาย จากการ

เอกสารอ้างอิง

[1] ชัด อินทะสี. **การส่งและจ่ายกำลังไฟฟ้า**. กรุงเทพมหานคร: ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2540

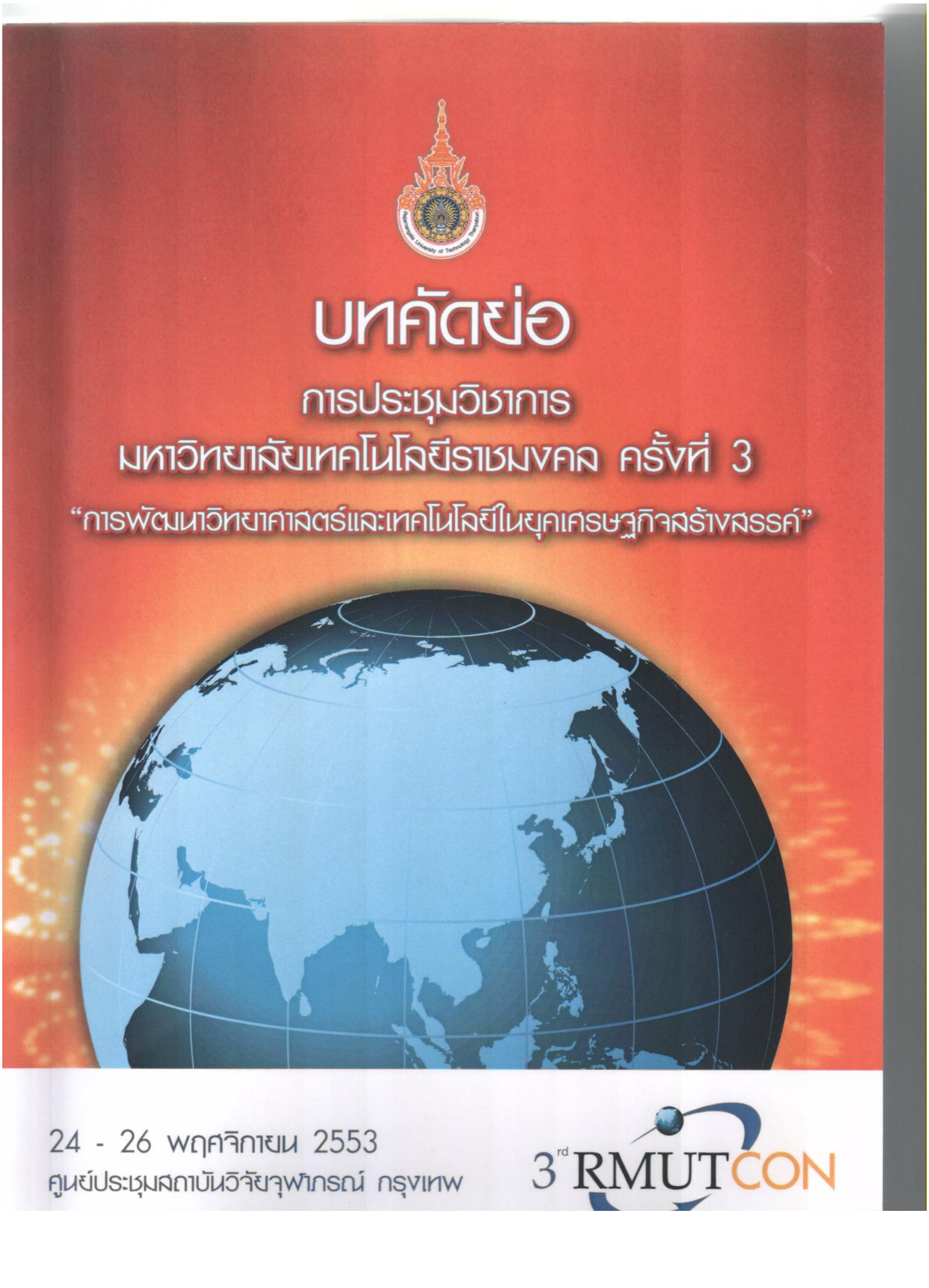
[2] รศ.ดร. มนัส สังวรศิลป์. คู่มือการใช้งาน MATLAB ฉบับสมบูรณ์. กรุงเทพมหานคร : อินโฟเรส, 2543

[3] ประสิทธิ์ ทิพยพัฒน์ การออกแบบระบบไฟฟ้า กรุงเทพมหานคร: ทีซีจี พริ้นตริ้ง, 2545

อาภาพล มหาวีระ การศึกษาระดับปริญญาตรีจากสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตขอนแก่น ปริญญาโทจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ปัจจุบันเป็นอาจารย์ประจำอยู่สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร งานวิจัยที่สนใจเกี่ยวกับระบบไฟฟ้ากำลัง เสถียรภาพของระบบไฟฟ้าและพลังงานทดแทน

ดนัย ทองธวัช การศึกษาระดับปริญญาตรีจากสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ปัจจุบันกำลังศึกษาปริญญาโทจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ปัจจุบันเป็นอาจารย์ประจำอยู่สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตจันทบุรี งานวิจัยที่สนใจเกี่ยวกับระบบไฟฟ้ากำลัง เสถียรภาพของระบบไฟฟ้า

เจษฎา พรหมเกษ การศึกษาระดับปริญญาตรีจากมหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ปัจจุบันกำลังศึกษาปริญญาโทที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ทำงานในตำแหน่งพนักงานราชการและเป็นอาจารย์ประจำอยู่สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร งานวิจัยที่สนใจเกี่ยวกับระบบไฟฟ้ากำลัง และพลังงานทดแทน


บทคัดย่อ
การประชุมวิชาการ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 3
"การพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในยุคเศรษฐกิจสร้างสรรค์"
24 - 26 พฤศจิกายน 2553
ศูนย์ประชุมสถาบันวิจัยจุฬาภรณ์ กรุงเทพ
3rd RMUTCON

สาขาการวิจัยกลุ่มที่ 2 (วิศวกรรมศาสตร์ และ เทคโนโลยี)

พฤหัสบดีที่ 25 พฤศจิกายน 2553

เวลา	หัวข้อการนำเสนอภาคบรรยาย		
	Chair: รศ.ดร.วิจิตร กิณเรศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ลาดกระบัง Co-chair: ดร.กฤษณ์ชนม์ ภูมิกิตติพิชญ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี		Convention Hall
13.00-13.15	NE-EE-002	ชุดควบคุมความเร็วมอเตอร์กระแสตรงชนิดไร้แปรงถ่านโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์	สมยศ สีแสนซุย
13.15-13.30	NE-EE-003	การควบคุมเครื่องกำเนิดไฟฟ้าด้วยการปรับความสมดุลย์โหลด	ดนุพล คำปัญญา
13.30-13.45	NE-EE-009	การปรับปรุงเสถียรภาพแรงดันไฟฟ้า ด้วยอุปกรณ์ชดเชยแรงดันแบบอนุกรม	ถนอมศักดิ์ แก้วสกุณี
13.45-14.00	NE-EE-023	การปรับปรุงเสถียรภาพแรงดันไฟฟ้าในระบบจำหน่าย 22 kV อ.เขาคิชฌกูฏ จ.จันทบุรี	ดนัย ทองธวัช
14.00-14.15	NE-EE-027	มูลค่าความเสียหายจากเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องของกลุ่มพาณิชยกรรมในประเทศไทย ด้วยวิธีการฟัซซีโลจิก	ปริญญา สมเงิน
14.15-14.30	NE-EE-004	การประเมินค่าความไม่แน่นอนในการวัดของเครื่องมือวัดสำหรับห้องปฏิบัติการสอบเทียบจำลอง	ฉลอง โสดาบัน
14.30-14.45	NE-EE-016	การประยุกต์ใช้วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์กับการพัฒนาฉนวนไฟฟ้า	นิติพงศ์ ปานกลาง
14.45-15.00	NE-EE-030	การศึกษาการวิเคราะห์เสถียรภาพแรงดันของระบบไฟฟ้ากำลังโดยใช้โปรแกรม PSAT	จักรินทร์ วิเศษยา
15.00-15.15	**พักรับประทานอาหารว่าง**		
	Chair: รศ.ดร.วิบูลย์ ชื่นแขก สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ Co-chair: ดร.วันชัย ทรัพย์สิงห์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี		Convention Hall
15.15-15.30	NE-EL-002	การใช้งาน LVQ ร่วมกับค่าพารามิเตอร์เอ็นโทรปีสำหรับจัดหมวดหมู่ข้อมูล	จิราพร เกียรติวุฒิอมร
15.30-15.45	NE-EL-005	การออกแบบวงจรอินทีเกรเตอร์แบบไม่สูญเสียที่มี อัตราการขยายสูงทำงานภายใต้แหล่งจ่ายไฟเลี้ยงขนาด 1.5 โวลต์	เสนอ สะอาด
15.45-16.00	NE-EL-010	การจำแนกข้อมูลโดยวิธีการรวมกลุ่มของเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียมโดยการเลือกตัวแทนที่เหมาะสมด้วยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม	เดช ธรรมศิริ
16.00-16.15	NE-EL-011	วงจรกำเนิดสัญญาณซายน์ควอเดรเจอร์โหมดกระแสที่ใช้ CCCCTA กับ OTA	ดนุพัฒน์ ดวงมาลัย
16.15-16.30	NE-EE-015	วงจรกำเนิดสัญญาณควอเดรเจอร์โหมดกระแสที่ใช้ CCCCTA จำนวนหนึ่งตัวร่วมกับอุปกรณ์ที่ต่อลงกราวนด์	นรเศรษฐ์ ไทยแท้
16.30-16.45	NE-EL-004	การสร้างเครื่องให้อาหารปลาในกระชังแบบอัตโนมัติลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา	ปิยะ ประสงค์จันทร์
16.45-17.00	NE-EL-013	การแก้ปัญหาการชนกันของเครื่องอ่าน RFID ที่มีการสื่อสารแบบเฟรมอะโลฮา	ธนัสถ์ นนทพุทธ
17.00-17.15	NE-EL-003	การปรับปรุงพาร์ติเคิลฟิลเตอร์ (particle filter) สำหรับการติดตามวัตถุภาพโดยใช้แบบจำลองวัตถุภาพแบบ non Gaussian	ไกรฤกษ์ เชยชื่น
17.15-17.30	NE-EL-015	การจำลองการนำทางสำหรับหุ่นยนต์ฏพื้น	วิรัช กองสิน
17.30-17.45	NE-EL-023	ชุดฝึกวิศวศึกษาด้านอิเล็กทรอนิกส์กำลัง ดีซีทูดีซีคอนเวอร์เตอร์	ชาญฤทธิ์ ธาราสันติสุข

การปรับปรุงเสถียรภาพแรงดันไฟฟ้าในระบบจำหน่าย 22 kV อ.เขาคิชฌกูฏ จ.จันทบุรี

ดนัย ทองธวัช และ กฤษณ์ชนม์ ภูมิกิตติพิชญ์[1]

บทคัดย่อ— บทความนี้นำเสนอการปรับปรุงเสถียรภาพแรงดันไฟฟ้าในระบบจำหน่าย 22 kV ในพื้นที่ อ.เขาคิชฌกูฏ จ.จันทบุรี ซึ่งอยู่ในความดูแลของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคจังหวัดจันทบุรี จากกรณีศึกษา สามารถแบ่งออกได้ 2 กรณี คือ ก่อนการปรับปรุงเสถียรภาพแรงดันไฟฟ้าในระบบจำหน่าย และหลังจากปรับปรุงเสถียรภาพแรงดันไฟฟ้าในระบบจำหน่ายโดยการติดตั้งตัวเก็บประจุไฟฟ้าเข้ากับระบบจำหน่าย โดยทำการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าในระบบ โดยวิธีการแพร่กระจายแบบถอยหลัง และเดินหน้า และการใช้โปรแกรม MATLAB ช่วยในการคำนวณ เพื่อหาจุดที่มีปัญหาเสถียรภาพแรงดันไฟฟ้ามากที่สุดในระบบจำหน่าย และหาตำแหน่งที่เหมาะสมที่สุดเพื่อติดตั้งตัวเก็บประจุไฟฟ้าในระบบจำหน่าย จากผลลัพท์ที่ได้ทั้งก่อนและหลังการติดตั้งตัวเก็บประจุไฟฟ้า มาเปรียบเทียบถึงผลที่ได้ ซึ่งจากการศึกษาในกรณีดังกล่าวพบว่าการติดตั้งตัวเก็บประจุไฟฟ้า เข้ากับระบบจำหน่ายในจุดที่เหมาะสมนั้น สามารถแก้ปัญหาความเสถียรภาพของระบบไฟฟ้าได้ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับระบบจำหน่ายในพื้นที่อื่นๆที่มีปัญหาคล้ายกันได้อีกด้วย

คำสำคัญ การปรับปรุงเสถียรภาพแรงดันไฟฟ้า,การไหลของกำลังไฟฟ้า

1. บทนำ

กำลังสูญเสียในระบบจำหน่ายนั้น สาเหตุหนึ่งเกิดจากการใช้กำลังของอุปกรณ์ไฟฟ้า ซึ่งส่วนใหญ่มีความต้องการกำลังไฟฟ้าสองส่วนด้วยกัน ส่วนที่หนึ่งคือกำลังไฟฟ้าที่ทำให้เกิดงานจริง คือกำลังไฟฟ้าจริง (Real Power) อีกส่วนหนึ่งคือกำลังไฟฟ้าที่ไม่ก่อให้เกิดงานแต่ใช้สำหรับสร้างสนามแม่เหล็กให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าซึ่งเรียกว่า กำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ (Reactive Power) ซึ่งกำลังไฟฟ้าทั้งสองนี้จะทำให้เกิดค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (Power Factor) ในระบบจำหน่าย ซึ่งค่าตัวประกอบกำลังนี้หากมีค่าต่ำก็จะทำให้เกิดปัญหาในระบบจำหน่ายไฟฟ้าได้ เช่น เกิดการสูญเสียในระบบจำหน่าย แรงดันไฟฟ้าตก ระบบสามารถจ่ายโหลดได้น้อยลง ซึ่งวิธีลดการสูญเสียในระบบจำหน่ายสามารถทำได้โดยการติดตั้งตัวเก็บประจุขนานเข้ากับระบบจำหน่าย เพื่อเป็นการชดเชยกำลังไฟฟ้าจินตภาพให้กับระบบจำหน่าย ซึ่งเป็นวิธีที่มีความนิยมใช้สำหรับการปรับปรุง และชดเชยกำลังสูญเสียในระบบจำหน่าย

บทความที่ [1] ได้นำเสนอการใช้วิธี Fuzzy Logic ค้นหาตำแหน่งติดตั้งและขนาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กในระบบจำหน่าย IEEE 33 บัส เพื่อเปรียบเทียบกับการติดตั้งตัวเก็บประจุไฟฟ้าพบว่าการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กในระบบจำหน่ายสามารถชดเชยการสูญเสียในระบบได้ดีกว่าการติดตั้งตัวเก็บประจุไฟฟ้า ในบทความที่ [2] ได้นำเสนอการใช้วิธีการแพร่กระจายแบบเดินหน้าและถอยหลังในการคำนวณการไหลของโหลดในระบบจำหน่ายแบบเรเดียล

[1] ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ถนนรังสิต-นครนายก ต.รังสิต อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110
โทรศัพท์ : 0-2549-3571 E-mail: dan_tao@hotmail.com

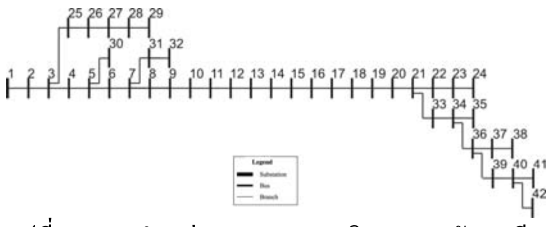
จากบทความดังกล่าวจะเห็นได้ว่าวิธีการเคลื่อนที่ของกลุ่มอนุภาคเป็นวิธีที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย และเป็นวิธีที่มีความรวดเร็ว อีกทั้งยังมีความถูกต้องค่อนข้างสูง

ดังนั้นบทความนี้ได้แสดงถึงการหาขนาด และตำแหน่งติดตั้งที่เหมาะสมของตัวเก็บประจุไฟฟ้า โดยใช้วิธีการเคลื่อนที่ของกลุ่มอนุภาคเพื่อแก้ปัญหาความเสถียรภาพแรงดันในระบบจำหน่าย 22 kV ในพื้นที่ อ.เขาคิชฌกูฏ จ.จันทบุรี

ในบทความนี้จะประกอบไปด้วย ทฤษฎีเบื้องต้นการเคลื่อนที่ของกลุ่มอนุภาค การคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าในระบบจำหน่าย ผลการจำลองระบบจำหน่าย 22 kV พื้นที่ อ.เขาคิชฌกูฏ จ.จันทบุรี ข้อสรุปของงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

2. ระบบไฟฟ้าในพื้นที่ อ.เขาคิชฌกูฏ จ.จันทบุรี

ระบบจำหน่ายไฟฟ้าแรงสูง 22 kV ในพื้นที่ อ.เขาคิชฌกูฏ จ.จันทบุรีนั้นอยู่ในความดูแลของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคจังหวัดจันทบุรี มีลักษณะของระบบจำหน่ายเป็นแบบเรเดียล ต้นทางอยู่ที่สถานีไฟฟ้าจังหวัดจันทบุรี ปลายทางอยู่ที่ ต. จันเขลม อ.เขาคิชฌกูฏ จ.จันทบุรี ความยาวของสายส่งประมาณ 30 km สามารถแบ่งออกเป็น 42 บัส ดังนี้



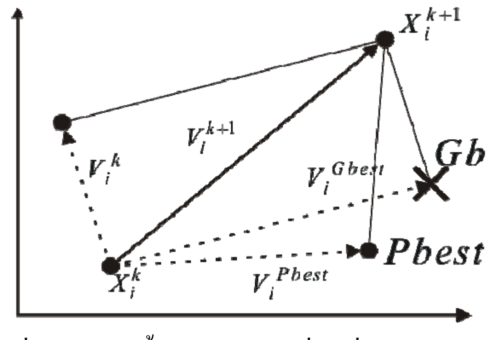
รูปที่ 1 ระบบจำหน่าย 22 kV อ.เขาคิชฌกูฏ จ.จันทบุรี

3. ทฤษฎีที่ใช้ในงานวิจัย

3.1 การเคลื่อนที่กลุ่มของอนุภาคที่เหมาะสมที่สุด

วิธีการการเคลื่อนที่กลุ่มของอนุภาคที่เหมาะสมที่สุด(Particle Swarm Optimization, PSO) เป็นการค้นหาคำตอบที่มีพื้นฐานเลียนแบบพฤติกรรมทางสังคมและพลศาสตร์การเคลื่อนไหวของฝูงแมลง นกหรือปลา ซึ่งถูกนำเสนอโดย Kennedy and Eberhart เหมาะสำหรับปัญหาที่ตัวแปรมีค่าต่อเนื่องซึ่งประสบความสำเร็จในการนำไปใช้หาคำตอบของปัญหาที่หลากหลาย โดยมีข้อดีหลายประการ เช่น ใช้พารามิเตอร์ของอัลกอริธึมน้อย สามารถค้นหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดได้อย่างมีประสิทธิรูปมาก เป็นต้น ซึ่งคำตอบที่เหมาะสมที่สุด จะถูกค้นหาอย่างเป็นขั้นเป็นตอน โดยอาศัยหลักการเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งของอนุภาค (particle) ตามเวลา ภายในสเปซของการค้นหา (search space) ซึ่งการเคลื่อนที่ของแต่ละอนุภาคจะขึ้นกับประสบการณ์ของมันเอง ซึ่งเรียกค่านี้ว่า Pbest และตามประสบการณ์ของอนุภาคที่อยู่ข้างเคียง เรียกค่านี้ว่า Gbest

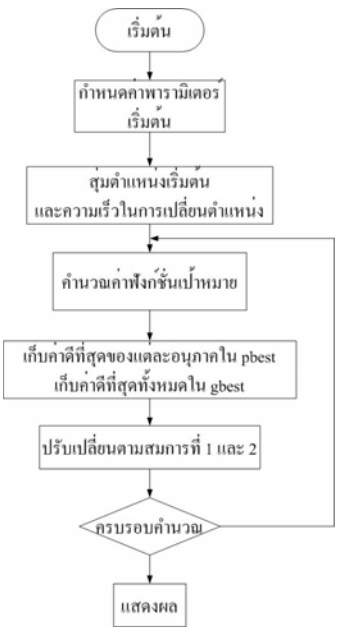
โดยความเร็วในการเปลี่ยนตำแหน่งของกลุ่มอนุภาคสามารถหาได้จากสมการที่ 1 และสมการที่ 2 แสดงถึงตำแหน่งใหม่ของอนุภาคหลังเปลี่ยนตำแหน่งแล้ว



รูปที่ 2 แนวคิดเบื้องต้นในการเคลื่อนที่ของกลุ่มอนุภาค

$$v_{id}^{t+1} = w \times v_{id}^{t} + rand_1 \times c_1 \times (pbest_{id} - x_{id}^{t}) + rand_2 \times c_2 \times (gbest_{id} - x_{id}^{t}) \quad (1)$$

$$x_{id}^{t+1} = x_{id}^{t} + v_{id}^{t+1} \quad (2)$$



รูปที่ 3 ขั้นตอนการคำนวณโดยวิธีกลุ่มอนุภาค

3.2 โหลดโฟลว์ในระบบจำหน่ายแบบเรเดียล

โดยปกติทั่วไปความยาวในระบบจำหน่ายส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปแบบของสายส่งระยะสั้น(มีความยาวของสายส่งไม่เกิน 80 กิโลเมตร) และแรงดันในระบบจำหน่ายของสายส่งระยะสั้นจะมีค่าน้อย และเมื่อเปรียบเทียบเข้ากับสายส่งในรูปวงจร π แต่เนื่องจากรูปแบบของสายส่งระยะสั้นนั้นจะไม่พิจารณาค่าตัวเก็บประจุที่ต่อขนานอยู่กับสายส่ง แต่ในระบบจำหน่ายที่เป็นสายส่งระยะสั้นจะพิจารณาเฉพาะค่าอิมพีแดนซ์ที่ต่ออนุกรมในสายส่งคูณกับความยาวของสายส่ง รูปแบบของวงจรไฟฟ้าเส้นเดี่ยวในระบบจำหน่ายโดยสายส่งที่ระบบจำหน่ายจะไม่คำนึงถึงค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ต่อขนานเข้ากับสายส่ง แต่จะพิจารณาถึงค่ากำลังไฟฟ้าในสายส่งมีค่ากำลังไฟฟ้าจริงกับค่ากำลังไฟฟ้าที่ปรากฏที่โหนด i ไปยังบัส j ดังสมการที่ 3 และ 4

$$P_{ij} = -\frac{V_i^2}{R_{ij}} - \frac{V_i V_j}{R_{ij}} \cos\theta_{ij} + \frac{V_i V_j}{X_{ij}} \sin\theta_{ij} \quad (3)$$

$$Q_{ij} = -\frac{V_i^2}{X_{ij}} - \frac{V_i V_j}{X_{ij}} \cos\theta_{ij} + \frac{V_i V_j}{R_{ij}} \sin\theta_{ij} \quad (4)$$

จากสมการที่ 3 และ 4 สามารถคำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้าของโหลดโฟลของสายส่งรูปแบบเรเดียลในระบบจำหน่าย เมื่อให้ N เป็นจำนวนของบัสในระบบจำหน่ายและให้บัสที่หนึ่งคือบัสที่เชื่อมต่อไปยังสถานีจ่ายกำลังไฟฟ้าและทำการพิจารณาแรงดันไฟฟ้าที่โหนดต่างๆ เพื่อหาค่ากำลังไฟฟ้าที่จะนำมาเชื่อมต่อในการเชื่อมต่อต่อกำลังไฟฟ้าควรเชื่อมตั้งแต่บัสที่สองเป็นต้นไปตามสมการที่ 5 และ 6

$$P_{Li} = -\frac{V_i V_j}{R_{ij}} \cos\theta_{ij} - \frac{V_i V_j}{X_{ij}} \sin\theta_{ij} \quad (5)$$

$$Q_{Li} = \frac{V_i^2}{R_{ij}} + \left(\frac{V_i V_j}{R_{ij}} \cos\theta_{ij} + \frac{V_i V_j}{X_{ij}} \sin\theta_{ij} \right) \quad (6)$$

3.3 การคำนวณหากระแสและแรงดันในระบบเรเดียล

ในการคำนวณหาค่าของโหลดโฟลว์มีอยู่ด้วยกัน 2 วิธีคือ 1.วิธีแพร่กระจายถอยหลัง (Backward sweep) และ 2.วิธีแพร่กระจายเดินหน้า (Forward sweep)หลังจากทำการคำนวณจะทำการคำนวณจะตรวจสอบค่าของแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายในระบบเรเดียล เพื่อตรวจค่าของแรงดันไฟฟ้าที่โหนดต่างๆ หลังจากการคำนวณหาค่าของโหลดโฟลว์และผลที่ได้เป็นค่าของกำลังไฟฟ้าสูญเสียของค่ากำลังไฟฟ้าจริงและค่ากำลังไฟฟ้าปรากฏในระบบจำหน่ายเมื่อใช้กระบวนการดังกล่าว

$$I_i^k = \left(\frac{S_i}{V_i^{(k-1)}} \right) - Y_i V_i^{(k-1)} \quad (7)$$

การคำนวณค่ากระแสในแต่ละสาขาโดยวิธีแพร่กระจายถอยหลังดังสมการที่ 7 การคำนวณกระแสนี้เราจะเริ่มให้ขนาดแรงดันเป็น 1 pu. และมุมแรงดันเป็นศูนย์ ที่ทุกๆโหนดส่วนของการคำนวณกระแสในสายจะเริ่มจาก การคำนวณที่เรียกว่าการแพร่กระจายถอยหลัง โดยที่รอบคำนวณที่ k เราจะคำนวณกระแส J ในสายที่สุดท้ายเรื่อยเข้าสู่รูตโหนด (Root node) หรือรูตบัส (Rootbus)

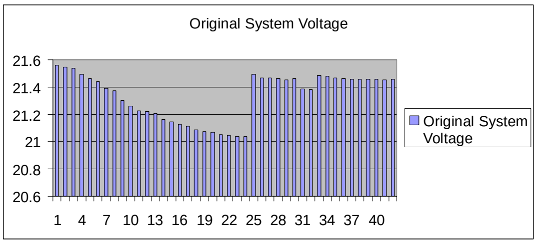
$$V_{L2}^{(k)} = V_{L1}^{(k)} - Z_L J_L^{(k)} \quad (8)$$

$$V_{ijk} = V_i - I_n Z_{ijk} \quad (9)$$

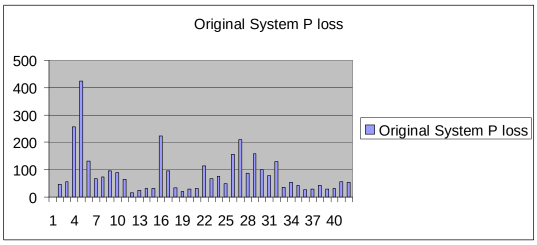
การคำนวณแรงดันจะมีลักษณะการแพร่กระจายแบบเดินหน้า โดยเริ่มต้นจากบัสอ้างอิง โดยที่ค่าแรงดันกำหนดให้มีค่าคงที่และมุมเฟสเป็นศูนย์ ส่วนค่าแรงดันและมุมเฟสของแรงดันที่บัสอื่นๆ ถัดไปจากบัสอ้างอิงในรอบคำนวณที่ k จะถูกคำนวณค่าแรงดันที่บัสเรื่อยไปสู่บัสสุดท้ายด้วยสมการที่ 8 และ9 หลังจากนั้นทำการหาขนาดและตำแหน่งติดตั้งของตัวเก็บประจุในระบบจำหน่ายโดยวิธีกลุ่มอนุภาค

4. ผลการจำลองระบบจำหน่าย

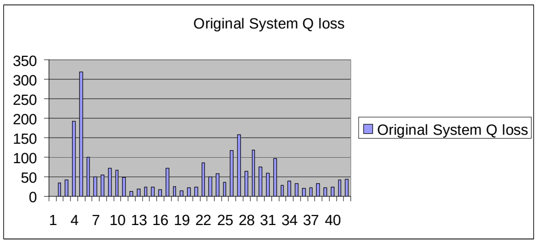
จากข้อมูลของระบบจำหน่าย 42 บัส เมื่อวิเคราะการไหลของกำลังไฟฟ้าแล้วพบว่า ค่าแรงดันเฉลี่ยของระบบจำหน่ายมีค่าเท่ากับ 21.56 kV และมีกำลังไฟฟ้าสูญเสียจริง และกำลังไฟฟ้าสูญเสียรีแอกทีฟในระบบเท่ากับ 31.9089 kW และ 22.5253 kVar ตามลำดับ



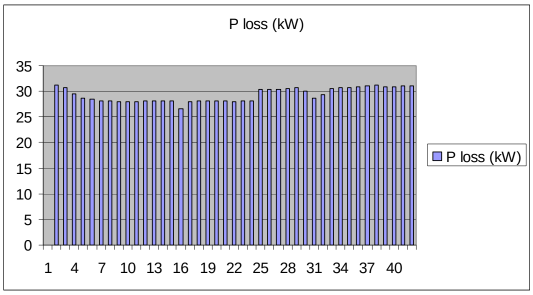
รูปที่ 4 ค่าแรงดันไฟฟ้าในแต่ละบัส



รูปที่ 5 กำลังไฟฟ้าสูญเสียจริงที่บัสต่างๆ

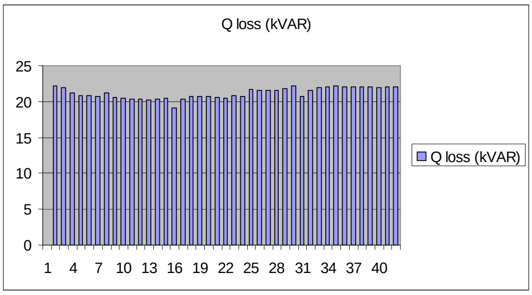


รูปที่ 6 กำลังไฟฟ้าสูญเสียรีแอกทีฟที่บัสต่างๆ



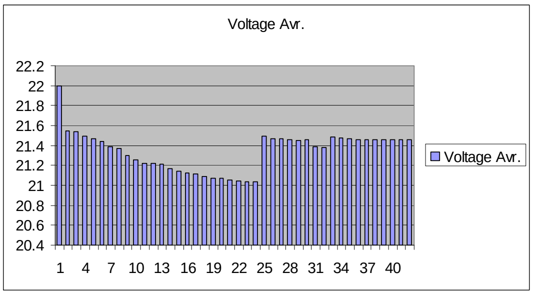
รูปที่ 7 กำลังไฟฟ้าสูญเสียจริง

จากรูปที่ 7 จะเห็นได้ว่าหลังจากทำการปรับปรุงเสถียรภาพของระบบจำหน่ายโดยการติดตั้งตัวเก็บประจุไฟฟ้าแล้ว การติดตั้งตัวเก็บประจุไฟฟ้าในตำแหน่งบัสที่ 16 จะมีกำลังไฟฟ้าสูญเสียจริงน้อยที่สุดเพียง 22.64 kW เท่านั้น



รูปที่ 8 กำลังไฟฟ้าสูญเสียรีแอคทีฟ

จากรูปที่ 8 จะเห็นได้ว่าการติดตั้งตัวเก็บประจุในบัสที่ 16 สามารถลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียรีแอกทีฟลงเหลือ 19.14 kVar



รูปที่ 9 แรงดันไฟฟ้าเฉลี่ย

จากรูปที่ 9 การติดตั้งตัวเก็บประจุไฟฟ้าในบัสที่ 16 ค่าแรงดันเฉลี่ยของระบบจำหน่ายมีค่าเท่ากับ 21.13 kV ในขณะที่ค่าแรงดันเฉลี่ยนดีที่สุดจะอยู่ที่ตำแหน่งบัสที่ 2 มีค่าเท่ากับ 21.55 kV

5. สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาระบบจำหน่ายในพื้นที่ อ.เขาคิชฌกูฏ จ.จันทบุรี โดยวิธีการเคลื่อนที่ของกลุ่มอนุภาค สามารถหาได้ทั้งขนาด และตำแหน่งติดตั้งที่เหมาะสมของตัวเก็บประจุได้ โดยการติดตั้งตัวเก็บประจุไฟฟ้าในตำแหน่งบัสที่ 16 สามารถลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียจริง และกำลังไฟฟ้าสูญเสียรีแอกทีฟได้มากที่สุด ซึ่งสามารถลดกำลังไฟฟ้าจริงได้ 16.5% และสามารถลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียรีแอกทีฟได้ 15%

6. เอกสารอ้างอิง

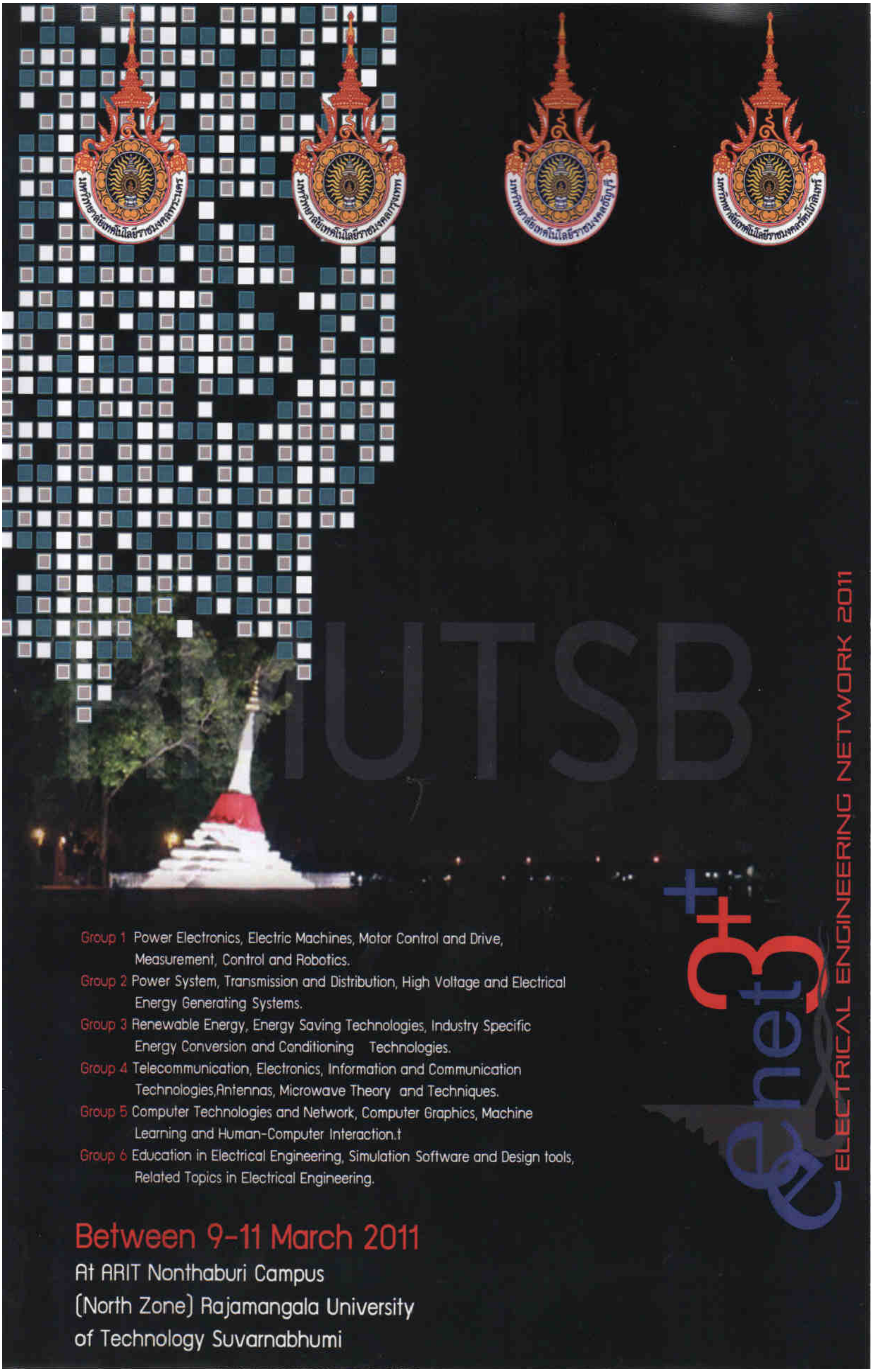
[1] A.Lakshmi Devi, B.Subramanyam “Optimal DG Unit placement For Loss Reduction in Radial Distribution System-A Case Study” ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, VOL 2, NO 6, December 2007

[2] G. W. Chang, S. Y. Chu and H. L. Wang “An Improved Backward/Forward Sweep Load Flow Algorithm for Radial Distribution Systems” IEEE Transaction on Power System, VOL. 22, May 2007

[3] M. Chakravorty, D. Das “Voltage stability analysis of radial distribution networks” Electrical Power and Energy System 23, 2001, Page(s):129-135

[4] Pukar Mahat, Weerakron Ongsakul and Nadarajah Mithulananthan “Optimal Placement of Wind Turbine DG in Primary Distribution System for Real Loss Reduction” Energy for Sustainable, 2010

[5] Wichit Krueasuk, Werakon Ongsakul “Optimal Placement of Distributed Generation Using Particle Swarm Optimization” Proceeding of the Australasian, 2006


IUTSB
ELECTRICAL ENGINEERING NETWORK 2011
Group 1 Power Electronics, Electric Machines, Motor Control and Drive, Measurement, Control and Robotics.
Group 2 Power System, Transmission and Distribution, High Voltage and Electrical Energy Generating Systems.
Group 3 Renewable Energy, Energy Saving Technologies, Industry Specific Energy Conversion and Conditioning Technologies.
Group 4 Telecommunication, Electronics, Information and Communication Technologies,Antennas, Microwave Theory and Techniques.
Group 5 Computer Technologies and Network, Computer Graphics, Machine Learning and Human-Computer Interaction.t
Group 6 Education in Electrical Engineering, Simulation Software and Design tools, Related Topics in Electrical Engineering.
Between 9-11 March 2011
At ARIT Nonthaburi Campus
(North Zone) Rajamangala University
of Technology Suvarnabhumi

PW2_9	การเปรียบเทียบผลของการใช้งานหม้อแปลงสำหรับอุปกรณ์ชดเชยแรงดันแบบอนุกรม	147
PW2_10	การวิเคราะห์ตำแหน่งการติดตั้ง FACTS ที่เหมาะสมในระบบจำหน่าย	151
PW2_11	การกำหนดขนาดและตำแหน่งติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กโดยวิธีการเคลื่อนที่ของกลุ่มอนุภาค	155
PW2_12	การประเมินค่าความเสียหายเนื่องจากไฟดับของผู้ใช้ไฟประเภทอุตสาหกรรมในระบบจำหน่าย	159
PW2_13	โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับออกแบบระบบไฟฟ้าอาคารชุด	163
PW2_14	การหาคะแนนความเหมาะสมเพื่อสร้างแผนที่การใช้พื้นที่สำหรับการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าเชิงพื้นที่: กรณีศึกษาพื้นที่การไฟฟ้านครหลวงเขตบางใหญ่	167
PW2_15	The effect of Electric Field System for Heat Transfer	171
PW2_16	Power Line Surge Protector	176
EN3_1	ระบบแจ้งเตือนเหตุขัดข้องอัตโนมัติสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์	179
EN3_2	การวิเคราะห์ การประหยัดพลังงานในเครื่องปรับอากาศสำหรับบ้านพักอาศัย	183
EN3_3	ระบบควบคุมการประจุและจ่ายไฟแบตเตอรี่แบบพกพาด้วยเซลล์สุริยะ	187
EN3_4	การวิเคราะห์พลังงานและเอ็กเซอร์ยีในกระบวนการผลิตวุ้นเส้น	191
EN3_5	การผลิตน้ำมันไบโอดีเซลขนาดเล็กแบบอัตโนมัติ ควบคุมด้วย LabVIEW	195
EN3_6	การประมาณค่าแรงดันกระพริบด้วยวิธีการ Energy Operator	199
EN3_7	ระบบการติดตามดวงอาทิตย์แกนเดี่ยวด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์	203
EN3_8	การออกแบบและสร้างชุดติดตามจุดให้กำลังไฟฟ้าสูงสุดบนพื้นฐานการควบคุมอัลกอริทึมสำหรับการประยุกต์ใช้กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์สมรรถนะสูง	207
EN3_9	ระบบควบคุมเซลล์แสงอาทิตย์ติดตามดวงอาทิตย์ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์	211
EN3_10	ระบบเฝ้ามองพฤติกรรม ในขบวนการผลิตไบโอดีเซลแบบอัตโนมัติ ด้วย SCADA	215
EN3_11	การศึกษาและพัฒนาเครื่องทดสอบหาค่าพารามิเตอร์ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์	219
EN3_12	การพัฒนาแนวทางการจัดการพลังงานไฟฟ้าของพลังงานลมในบ่อเลี้ยงกุ้ง	223

การกำหนดขนาดและตำแหน่งติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กโดยวิธีการเคลื่อนที่ของกลุ่มอนุภาค

Sizing and Location of Distributed Generation by using Particle Swarm Optimization

ดนัย ทองธวัช และ กฤษณ์ชนม์ ภูมิกิตติพิชญ์
ศูนย์วิจัยระบบไฟฟ้ากำลังและพลังงาน ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ถ.รังสิต-นครนายก ต.รังสิต อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110 โทรศัพท์ : 02-549-3571 E-mail: dan_tao@hotmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอถึงการหาขนาดและตำแหน่งติดตั้งที่เหมาะสมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กในระบบจำหน่าย 22 kV อ.เขาคิชฌกูฏ จ.จันทบุรี โดยใช้วิธีการเคลื่อนที่ของกลุ่มอนุภาคที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งได้ทดสอบกับระบบไฟฟ้าตรฐาน 33 บัส ของ IEEE และระบบจำหน่าย 22 kV อ.เขาคิชฌกูฏ จ.จันทบุรี จากการทดสอบพบว่าวิธีการเคลื่อนที่ของกลุ่มอนุภาคที่เหมาะสมที่สุดสามารถหาขนาด และตำแหน่งติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กซึ่งทำให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียจริงในระบบมีค่าต่ำที่สุด

คำสำคัญ: เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก, วิธีการเคลื่อนที่ของกลุ่มอนุภาค

Abstract

This paper presents the sizing and location of distributed generation by using particle swarm optimization at 22 kV Chanthaburi province's power distribution system. The comparison with IEEE 33 buses case study is used for ensuring the proposed algorithm. The simulation results show that voltage amplitude and power loss of the system can improve by using distribution generation.

Keywords: distribution generation, particle swarm optimization

1. คำนำ

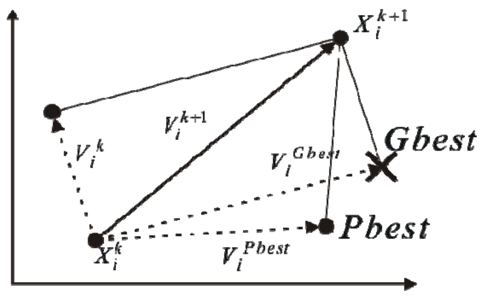
กำลังสูญเสียในระบบจำหน่ายนั้น สาเหตุหนึ่งเกิดจากการใช้กำลังของอุปกรณ์ไฟฟ้า ซึ่งส่วนใหญ่มีความต้องการกำลังไฟฟ้าสองส่วนด้วยกัน ส่วนที่หนึ่งคือกำลังไฟฟ้าที่ทำให้เกิดงานจริง คือกำลังไฟฟ้าจริง (Real Power) อีกส่วนหนึ่งคือกำลังไฟฟ้าที่ไม่ก่อให้เกิดงานแต่ใช้สำหรับสร้างสนามแม่เหล็กให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าซึ่งเรียกว่า กำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ (Reactive Power) ซึ่งกำลังไฟฟ้าทั้งสองนี้จะทำให้เกิดค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (Power Factor) ในระบบจำหน่าย ซึ่งค่าตัวประกอบกำลังนี้หากมีค่าต่ำก็จะทำให้เกิดปัญหาในระบบจำหน่ายไฟฟ้าได้ เช่น เกิดการสูญเสียในระบบจำหน่าย แรงดันไฟฟ้าตก ระบบสามารถจ่ายโหลดได้น้อยลง ซึ่งการแก้ปัญหาการสูญเสียในระบบนั้นสามารถทำได้โดยการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กกับระบบจำหน่าย ซึ่งนอกจากจะช่วยลดการสูญเสียของกำลังไฟฟ้าในระบบจำหน่ายแล้วยังสามารถปรับปรุงแรงดันไฟฟ้าในระบบได้อีกด้วย

โดยในบทความนี้จะนำเสนอถึงการหาขนาดและตำแหน่งติดตั้งที่เหมาะสมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก โดยใช้วิธีการเคลื่อนที่ของกลุ่มอนุภาคที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งสามารถช่วยในการหาคำตอบได้อย่างรวดเร็ว

2. วิธีการเคลื่อนที่ของกลุ่มอนุภาคที่เหมาะสมที่สุด

วิธีการการเคลื่อนที่กลุ่มของอนุภาคที่เหมาะสมที่สุด (Particle Swarm Optimization, PSO) เป็นการค้นหาคำตอบที่มีพื้นฐานเลียนแบบพฤติกรรมทางสังคมและพลศาสตร์การเคลื่อนไหวของฝูงแมลง นกหรือปลา ซึ่งถูกนำเสนอโดย Kennedy and Eberhart เหมาะสำหรับปัญหาที่ตัวแปรมีค่าต่อเนื่องซึ่งประสบความสำเร็จในการนำไปใช้หาคำตอบของปัญหาที่หลากหลาย โดยมีข้อดีหลายประการ เช่น ใช้พารามิเตอร์ของอัลกอริธึมน้อย สามารถค้นหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดได้อย่างมีประสิทธิรูปมาก เป็นต้น ซึ่งคำตอบที่เหมาะสมที่สุด จะถูกค้นหาอย่างเป็นขั้นเป็นตอน โดยอาศัยหลักการเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งของอนุภาค (particle) ตามเวลา ภายในสเปซของการค้นหา (search space) ซึ่งการเคลื่อนที่ของแต่ละอนุภาคจะขึ้นกับประสบการณ์ของมันเองซึ่งเรียกค่านี้ว่า Pbest และตามประสบการณ์ของอนุภาคที่อยู่ข้างเคียง เรียกค่านี้ว่า Gbest โดยความเร็วในการเปลี่ยนตำแหน่งของกลุ่มอนุภาคสามารถหาได้จากสมการที่ 1 และสมการที่ 2 แสดงถึงตำแหน่งใหม่ของอนุภาคหลังเปลี่ยนตำแหน่งแล้ว [1-4]

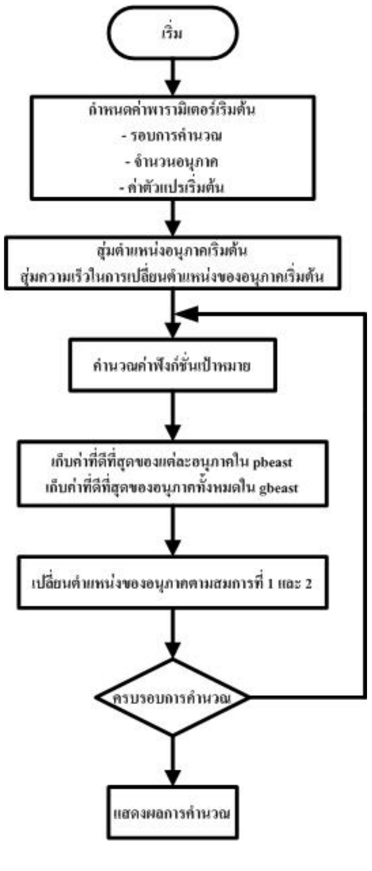
รูปที่ 1 ฝูงนกและฝูกปลา



รูปที่ 2 แนวคิดเบื้องต้นในการเคลื่อนที่ของกลุ่มอนุภาค

$$v_{id}^{t+1} = w \times v_{id}^{t} + rand_1 \times c_1 \times (pbest_{id} - x_{id}^{t}) + rand_2 \times c_2 \times (gbest_{id} - x_{id}^{t}) \quad (1)$$

$$x_{id}^{t+1} = x_{id}^{t} + v_{id}^{t+1} \quad (2)$$



รูปที่ 3 ขั้นตอนการคำนวณโดยวิธีกลุ่มอนุภาค

3. การกำหนดขนาดและตำแหน่งติดติดตั้ง

ในการหาขนาดและตำแหน่งติดตั้งที่เหมาะสมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก (Distribution Generator: DG) นั้น จะใช้สมการเป้าหมาย คือ คำตอบของสมการหลักจะมุ่งเน้นไปที่การลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียจริงในระบบไฟฟ้า ดังสมการที่ 3 และจะพิจารณาข้อจำกัดของระบบจำหน่ายไฟฟ้าดังสมการที่ 4, 5 และ 6 [5]

สามารถหาค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียจริงต่ำสุดได้ดังนี้

$$P_L = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} A_j\left(P_iP_j + Q_iQ_j\right) + B_j\left(P_iP_j + Q_iQ_j\right) \quad (3)$$

โดยที่กำลังไฟฟ้าในระบบจำหน่ายเป็นไปตามข้อจำกัดของการสมดุลกำลังไฟฟ้า

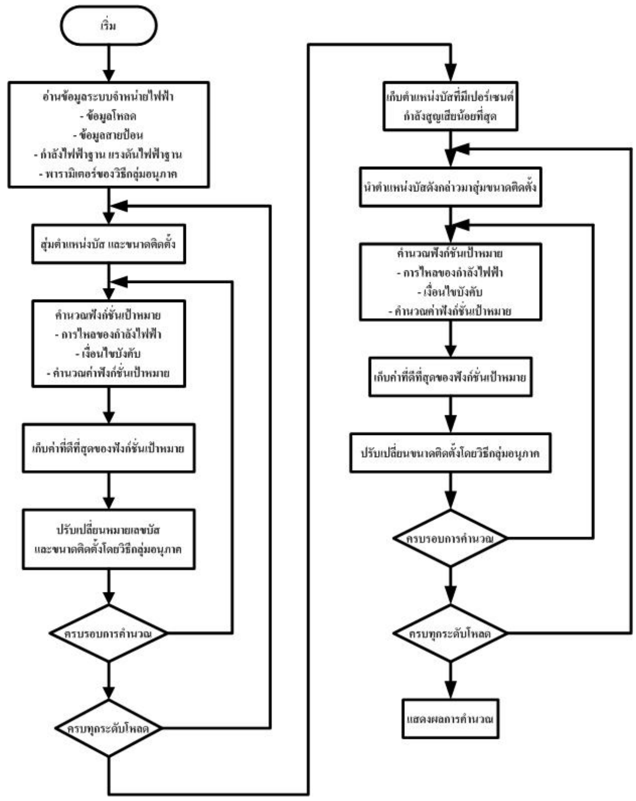
$$\sum_{i=1}^{n} P_{DGi} = \sum_{i=1}^{n} P_{Di} + P_L \quad (4)$$

และเป็นไปตามข้อจำกัดของกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าในสาย

$$|V_i|^{\min} \le |V_i| \le |V_i|^{\max} \quad (5)$$

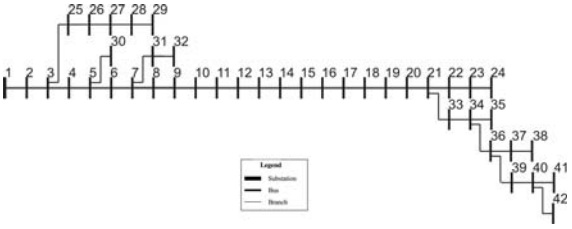
$$|I_j| \le |I_j|^{\max} \quad (6)$$

จากนั้นดำเนินการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าในระบบจำหน่ายเพื่อนำข้อมูลของระบบจำหน่ายมาคำนวณหาขนาดและตำแหน่งติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กโดยวิธีกลุ่มอนุภาค ซึ่งมีขั้นตอนดังรูปที่ 4



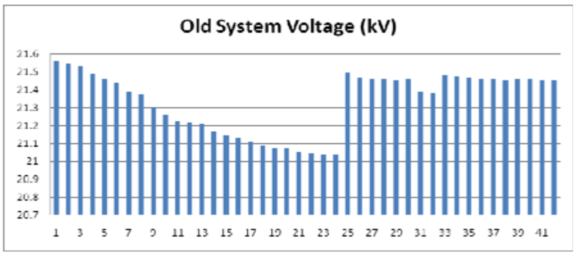
รูปที่ 4 การหาขนาดและตำแหน่งติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก

4. ผลการทดสอบระบบ



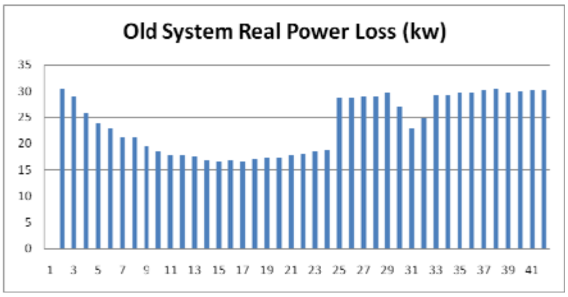
รูปที่ 5 ระบบจำหน่าย 42 BUS อ.เขาคิชฌกูฏ จ.จันทบุรี

ข้อมูลของระบบจำหน่าย 42 บัส [6] ระบบจำหน่ายไฟฟ้าแรงสูง 22 kV อ.เขาคิชฌกูฏ จ.จันทบุรีนั้นอยู่ในความดูแลของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคจังหวัดจันทบุรี มีลักษณะของระบบจำหน่ายเป็นแบบเรเดียล ต้นทางอยู่ที่สถานีไฟฟ้าจังหวัดจันทบุรี ปลายทางอยู่ที่ ต. จันเขลม อ.เขาคิชฌกูฏ จ.จันทบุรี ความยาวของสายส่งประมาณ 30 km สามารถแบ่งออกเป็น 42 บัสด้วยกัน เมื่อวิเคราะห์การไหลของกำลังไฟฟ้าแล้วพบว่า ค่าแรงดันเฉลี่ยของระบบจำหน่ายมีค่าเท่ากับ 21.34 kV กำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบเท่ากับ 31.91 kW และ 22.53 kVar ตามลำดับ

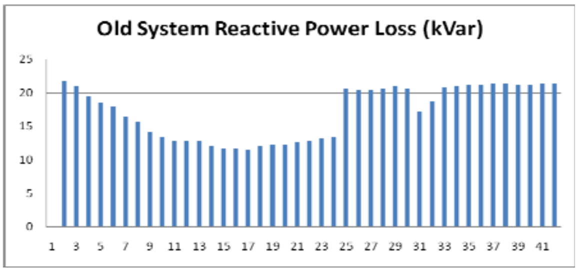


รูปที่ 6 แรงดันไฟฟ้าในแต่ละบัสก่อนติดตั้ง DG

จากรูปที่ 6 จะเห็นได้ว่า แรงดันไฟฟ้าในบัสที่ 24 ซึ่งเป็นบัสปลายทางของระบบจำหน่าย จะมีแรงดันไฟฟ้าต่ำที่สุดในระบบจำหน่าย ซึ่งแรงดันไฟฟ้าลดลงเหลือเพียง 21.04 kV เท่านั้น

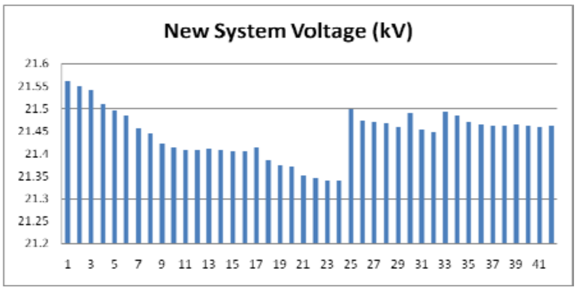


รูปที่ 7 กำลังไฟฟ้าจริงสูญเสียก่อนติดตั้ง DG



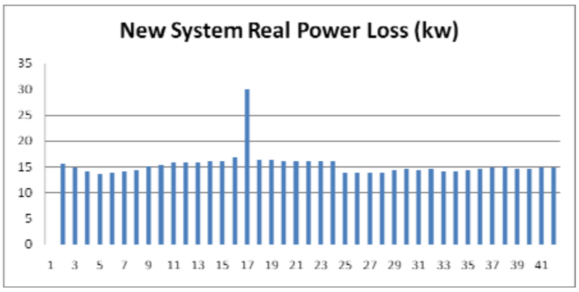
รูปที่ 8 กำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟสูญเสียก่อนติดตั้ง DG

รูปที่ 7 และ 8 แสดงถึงกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่บัสต่างๆ ซึ่งสัมพันธ์กับระดับแรงดันไฟฟ้าที่บัสต่างๆด้วย

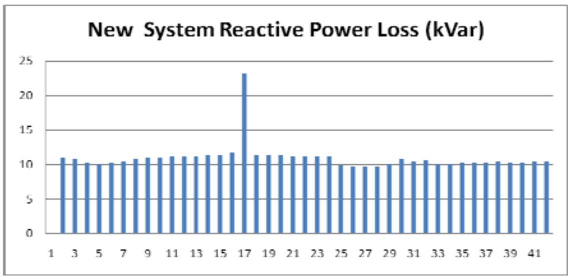


รูปที่ 9 แรงดันไฟฟ้าที่บัสต่างๆหลังติดตั้ง DG

จากรูปที่ 9 จะเห็นได้ว่าหลังจากทำการปรับปรุงเสถียรภาพของระบบจำหน่ายโดยการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กในตำแหน่งบัสที่ 17 แล้ว แรงดันเฉลี่ยทั้งระบบมีระดับแรงดันสูงขึ้นอยู่ที่ 21.445 kV



รูปที่ 10 กำลังไฟฟ้าจริงสูญเสียหลังติดตั้ง DG



รูปที่ 11 กำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟสูญเสียหลังติดตั้ง DG

จากรูปที่ 10 และ 11 จะเห็นได้ว่า หลังจากการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กเข้าในระบบจำหน่ายแล้ว กำลังไฟฟ้าสูญเสียในบัสต่างๆจะลดลงอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กสามารถช่วยลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบจำหน่ายได้ทั้งกำลังไฟฟ้าจริง และกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟ

ตารางที่ 1 ตำแหน่งติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก

BUS	PDG (Mw)	Ploss (kw)	Qloss (kVar)	Volt (kV)
17	1.0383	16.4177	11.5289	21.445
15	1.1315	16.4782	11.7067	21.1446
14	1.16	16.7337	12.0645	21.1638
16	0.9033	16.7875	11.6753	21.1274
18	0.9748	16.9053	12.0675	21.0846

ตารางที่ 1 แสดงให้เห็นถึงขนาดและตำแหน่งในการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ดีที่สุดของระบบจำหน่าย 22 kV อ.เขาคิชฌกูฏ จ.จันทบุรี ซึ่งจะเห็นว่า บัสที่ 17 สามารถลดกำลังงานสูญเสียในระบบได้มากที่สุด เหลือเพียง 16.4177 kw เท่านั้น

5. สรุป

บทความนี้ได้นำเสนอถึงการหาขนาดและตำแหน่งติดตั้งที่เหมาะสมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก เพื่อเชื่อมต่อเข้ากับระบบจำหน่ายเพื่อช่วยลดการสูญเสียของกำลังไฟฟ้าในระบบ โดยใช้วิธีการเคลื่อนที่ของกลุ่มอนุภาค โดยใช้ระบบไฟฟ้ามาตรฐาน 33 บัส ของ IEEE และ ระบบจำหน่ายไฟฟ้า 22 kV อ.เขาคิชฌกูฏ จ.จันทบุรี โดยวิธีดังกล่าวสามารถหาขนาดและตำแหน่งติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กในระบบจำหน่ายได้อย่างเหมาะสม ซึ่งทำให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบมีค่าลดลง นอกจากนี้ยังช่วยปรับปรุงแรงดันในระบบอีกด้วย

เอกสารอ้างอิง

[1] A.Lakshmi Devi, B.Subramanyam "Optimal DG Unit placement For Loss Reduction in Radial Distribution System-A Case Study" ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, VOL 2, NO 6, December 2007

[2] G. W. Chang, S. Y. Chu and H. L. Wang "An Improved Backward/Forward Sweep Load Flow Algorithm for Radial Distribution Systems" IEEE Transaction on Power System, VOL. 22, May 2007

[3] M. Chakravorty, D. Das "Voltage stability analysis of radial distribution networks" Electrical Power and Energy System 23, 2001, Page(s):129-135

[4] Pukar Mahat, Weerakron Ongsakul and Nadarajah Mithulananthan "Optimal Placement of Wind Turbine DG in Primary Distribution System for Real Loss Reduction" Energy for Sustainable, 2010

[5] Wichit Krueasuk, Werakon Ongsakul "Optimal Placement of Distributed Generation Using Particle Swarm Optimization" Proceeding of the Australasian, 2006

[6] ดนัย ทองธวัช, กฤษณ์ชนม์ ภูมิกิตติพิชญ์ "การปรับปรุงเสถียรภาพแรงดันไฟฟ้าในระบบจำหน่าย 22 kV อ.เขาคิชฌกูฏ จ.จันทบุรี" การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 3 , 24-26 พฤศจิกายน 2553

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – นามสกุล นายดนัย ทองธวัช

วัน เดือน ปี เกิด 1 กันยายน 2522

ที่อยู่ 218/39 หมู่ 4 ถนนรังสิต-นครนายก ตำบลรังสิต อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี

ประวัติการศึกษา สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ และประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง จากแผนกช่างไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตขอนแก่น เมื่อ พ.ศ. 2543

สำเร็จการศึกษาระดับวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล เมื่อ พ.ศ.2547

ประวัติการทำงาน

2547 – 2551 เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

2551 – ปัจจุบัน อาจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้า คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตจันทบุรี

ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่

อาภาพล มหาวีระ, **ดนัย ทองธวัช** และเจษฎา พรหมเกษ **"โปรแกรมคำนวณระบบจำหน่ายไฟฟ้ากระแสตรงด้วยพลังงานทดแทน"** การประชุมเครือข่ายวิชาการวิศวกรรมไฟฟ้ามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 2, 5-6 กุมภาพันธ์ 2553 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ จ.เชียงใหม่

ดนัย ทองธวัช และกฤษณ์ชนม์ ภูมิกิตติพิชญ์ **"การปรับปรุงเสถียรภาพแรงดันไฟฟ้าในระบบจำหน่าย 22 kV อ.เขาคิชฌกูฏ จ.จันทบุรี"** การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 3, 24-26 พฤศจิกายน 2553 ศูนย์ประชุมสถาบันวิจัยจุฬาภรณ์ กรุงเทพมหานคร

ดนัย ทองธวัช และกฤษณ์ชนม์ ภูมิกิตติพิชญ์ **"การกำหนดขนาดและตำแหน่งติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กโดยวิธีการเคลื่อนที่ของกลุ่มอนุภาค"** การประชุมเครือข่ายวิชาการวิศวกรรมไฟฟ้ามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 3, 9-11 มีนาคม 2554 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์นนทบุรี จ.นนทบุรี