



การหาตำแหน่งที่เหมาะสมในการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวล
ด้วยการค้นหาแบบตาบอด

โดย

นายสดุดี สกุลดี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาเทคโนโลยีการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมเคมี
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
พ.ศ. 2552

การหาตำแหน่งที่เหมาะสมในการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวล
ด้วยการค้นหาแบบตาบอด

โดย

นายสดุดี สกุดดี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาเทคโนโลยีการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมเคมี
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
พ.ศ. 2552

Optimal Placement of Biomass Power Plant by
Tabu Search Apporoach

By

Mr. Sadudee Sakuldee

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering
Department of Chemical Engineering
Faculty of Engineering
Thammasat University
2009

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีการค้นหาแบบตามู เพื่อหาจำนวนและตำแหน่งที่เหมาะสมของโรงไฟฟ้าชีวมวล เพื่อลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียให้ต่ำที่สุดภายใต้เงื่อนไขความสมดุลของกำลังไฟฟ้า ขีดจำกัดกำลังไฟฟ้าเสมือน และกำลังไฟฟ้าจริงที่ผลิต รวมถึงขีดจำกัดด้านแรงดันไฟฟ้า ผลการจำลองการทำงานบนระบบไฟฟ้ากำลัง 30 บัส ของ IEEE แสดงให้เห็นว่าวิธีการค้นหาแบบตามูสามารถค้นหาคำตอบที่เหมาะสมด้วยเวลาประมวลผลที่เร็วกว่าการค้นหาเฉพาะถิ่นอยู่ 46.77% นอกจากนี้การติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลจำนวนต่างๆ ได้ถูกจำลองการทำงานบนระบบไฟฟ้ากำลัง 30 บัสของ IEEE ด้วย ซึ่งผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าตำแหน่งที่เหมาะสมของโรงไฟฟ้าชีวมวลสามารถลดการสูญเสียกำลังไฟฟ้าในระบบจาก 4.77 เมกะวัตต์ เป็น 4.04 (หรือคิดเป็น 15.30%), 3.48 (หรือคิดเป็น 27.04%), 3.12 (หรือคิดเป็น 34.59%) และ 2.83 เมกะวัตต์ (หรือคิดเป็น 40.67%) เมื่อทำการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลในตำแหน่งที่เหมาะสมจำนวน 1, 2, 3 และ 4 โรง ตามลำดับ ท้ายที่สุดผลการจำลองการทำงานบนระบบไฟฟ้ากำลัง 118 บัส ของ IEEE กับโรงไฟฟ้าชีวมวลจำนวนต่างๆ แสดงให้เห็นว่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียลดลงจาก 12.18 เมกะวัตต์ เป็น 9.59 (หรือคิดเป็น 21.26%), 8.27 (หรือคิดเป็น 32.10%), 7.16 (หรือคิดเป็น 41.22%) และ 6.63 เมกะวัตต์ (หรือคิดเป็น 45.57%) เมื่อทำการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลในตำแหน่งที่เหมาะสมจำนวน 1, 2, 3 และ 4 โรง ตามลำดับ อย่างไรก็ตามกำลังไฟฟ้าสูญเสียอาจเพิ่มขึ้น หากมีการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลในตำแหน่งที่ไม่เหมาะสม

Abstract

This thesis presents the Tabu Search (TS) algorithm for finding the optimal numbers and locations of biomass power plants to minimize the total power loss, subject to power balance constraints, reactive and active power generation limits including voltage limits. The simulation results on the IEEE 30 bus system show that TS can find the optimal solution with less computing time than local search about 46.77%. In addition, the various number of installed biomass power plants are simulated on the IEEE 30 bus system. The results indicate that optimal allocation of biomass power plant can significantly reduce the system losses from 4.77 MW to 4.04 (or 15.30%), 3.48 (or 27.04%), 3.12 (or 34.59%) and 2.83 MW (or 40.67%), when optimally placed biomass power plants are installed 1, 2, 3 and 4 plants, respectively. Finally, the simulation results on the IEEE 118 bus system with various number of biomass power plants show that the system losses decrease from 12.18 MW to 9.59 (or 21.26%), 8.27 (or 32.10%), 7.16 (or 41.22%) and 6.63 MW (or 45.57%), when optimally placed biomass power plants are installed 1, 2, 3 and 4 plants, respectively. However, the system loss may increase when the biomass power plant is allocated at the worst location.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความรู้จากบุคคลหลายท่าน ผู้เขียนขอขอบพระคุณในความกรุณาของอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและภาควิชาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ทุกท่านในการให้ความรู้ระหว่างการศึกษา และการวิจัยโดยเฉพาะอย่างยิ่ง ดร.พระพิพัฒน์ ภาสบุตร ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำ คำปรึกษา ตลอดจนการทำวิทยานิพนธ์ และให้ข้อคิดในการนำวิชาความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน รวมถึงคณาจารย์ผู้ร่วมเป็นกรรมการสอบในการพิจารณาวิทยานิพนธ์ซึ่งประกอบด้วย

ผศ.ดร.กิริติ ชยะกุลศิริ อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยศรีปทุม

ดร.วรรัตน์ ปัตตประกร อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

และ ดร. วรณี แสงจันทร์ อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

รวมถึงเพื่อนๆ พี่ๆ และน้องๆ สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อมทุกท่านที่ร่วมทุกข์ร่วมสุขกันเสมอมาตลอดการศึกษา

สุดดี สกุลดี

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

พ.ศ. 2552

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ.....	(1)
กิตติกรรมประกาศ.....	(3)
สารบัญ.....	(4)
สารบัญตาราง.....	(6)
สารบัญภาพประกอบ.....	(8)

บทที่

1. บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาการวิจัย.....	1
1.2 ข้อเสนอของงานวิจัย.....	3
1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	3
1.4 ขอบเขตงานวิจัย.....	4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
2. วิทยาการและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.2 การค้นหาแบบตาม.....	9
2.3 วิธีการค้นหาแบบตาม.....	12
3. ชีวมวล.....	18
3.1 ศักยภาพของพลังงานชีวมวล.....	18
3.2 ประเภทของชีวมวล.....	20
3.3 เทคโนโลยีพลังงานชีวมวลและแก๊สชีวภาพ.....	27

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4. วิธีการวิจัยและผลการทดลอง.....	31
4.1 การคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้า.....	31
4.2 ฟังก์ชันวัตถุประสงค์.....	33
4.3 ขั้นตอนการใช้ตามช่วยในการค้นหาตำแหน่งที่เหมาะสม.....	34
4.4 ผลการทดสอบการค้นหาเฉพาะถิ่นกับการค้นหาแบบตาม.....	37
4.5 ขั้นตอนและวิธีการทดสอบการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวล.....	39
4.6 แบบจำลองระบบไฟฟ้ากำลัง 30 บัส ของ IEEE.....	41
4.7 แบบจำลองระบบไฟฟ้ากำลัง 118 บัส ของ IEEE.....	47
5. สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	55
5.1 สรุปผลงานวิจัย.....	55
5.2 ข้อเสนอแนะของงานวิจัย.....	56
บรรณานุกรม.....	57
ภาคผนวก.....	59
ก. สถานที่ติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลภายในประเทศไทย.....	60
ข. ข้อมูลระบบจำหน่ายและค่าต่างๆ ในแบบจำลองระบบไฟฟ้ากำลังที่ใช้ใน การวิเคราะห์กำลังไฟฟ้าสูญเสีย.....	76
ข.1 แบบจำลองระบบไฟฟ้ากำลัง 30 บัส ของ IEEE.....	76
ข.2 แบบจำลองระบบไฟฟ้ากำลัง 118 บัส ของ IEEE.....	79
ผลงานวิชาการ.....	92
ประวัติการศึกษา.....	110

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 การสนับสนุนการใช้พลังงานหมุนเวียนในประเทศไทย.....	2
2.1 แสดงกรณีที่เกิดในการสุ่มค่าใกล้เคียงค่าเริ่มต้นของการค้นหาด้วยวิธีตาม.....	14
3.1 ศักยภาพชีวมวลของไทยในการผลิตไฟฟ้า.....	19
3.2 พืชชีวมวลประเภทแกลบ.....	20
3.3 พืชชีวมวลประเภทอ้อย.....	21
3.4 พืชชีวมวลประเภทไม้ยางพารา.....	22
3.5 พืชชีวมวลประเภทปาล์มน้ำมัน.....	23
3.6 พืชชีวมวลประเภทมันสำปะหลัง.....	24
3.7 พืชชีวมวลประเภทข้าวโพด.....	25
3.8 พืชชีวมวลประเภทไม้ยูคาลิปตัส.....	26
3.9 ประเภทและศักยภาพชีวมวลในประเทศไทย.....	27
4.1 ผลการค้นหาเฉพาะถิ่น โดยติดตั้งโรงไฟฟ้าจำนวน 2 โรง ในระบบ 30 บัส ของ IEEE..	37
4.2 ผลการค้นหาแบบตามโดยติดตั้งโรงไฟฟ้าจำนวน 2 โรง ในระบบ 30 บัส ของ IEEE...	38
4.3 ผลการค้นหาแบบตามเทียบกับการค้นหาเฉพาะถิ่น โดยติดตั้งโรงไฟฟ้าจำนวน 2 โรงในระบบ 30 บัส ของ IEEE.....	38
4.4 สรุปผลของการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลจำนวน 1 โรง ของระบบ 30 บัส ของ IEEE.....	42
4.5 สรุปผลของการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลจำนวน 2 โรง ของระบบ 30 บัส ของ IEEE.....	44
4.6 สรุปผลของการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลจำนวน 3 และ 4 โรง ของระบบ 30 บัส ของ IEEE.....	45
4.7 ผลจากการค้นหาค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ต่ำที่สุดในการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวล ของระบบ 30 บัส.....	46
4.8 สรุปผลของการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลจำนวน 1 โรง ของระบบ 118 บัส ของ IEEE....	49
4.9 สรุปผลของการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลจำนวน 2 โรง ของระบบ 118 บัส ของ IEEE....	50

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.10 สรุปผลของการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลจำนวน 3 และ 4 โรง ของระบบ 118 บัส ของ IEEE.....	52
4.11 ผลจากการค้นหาค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ต่ำที่สุดในการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวล ของระบบ 118 บัส ของ IEEE.....	53
ก.1 สถานที่ติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวล.....	59
ข.1 แสดงระยะทาง กำลังไฟฟ้าสูญเสียที่เกิดในสายส่ง (Line Data) ของระบบ 30 บัส ของ IEEE.....	75
ข.2 แสดงข้อมูลการส่งจ่าย โหลดของระบบที่ตำแหน่งต่างๆ (Bus Data) ของระบบ 30 บัส ของ IEEE	77
ข.3 แสดงระยะทาง กำลังไฟฟ้าสูญเสียที่เกิดในสายส่ง (Line Data) ของระบบ 118 บัส ของ IEEE	78
ข.2 แสดงข้อมูลการส่งจ่าย โหลดของระบบที่ตำแหน่งต่างๆ (Bus Data) ของระบบ 118 บัส ของ IEEE	86

สารบัญภาพประกอบ

หน้า

ภาพที่

2.1 ลักษณะการบันทึกค่าในรายการตาม.....	10
2.2 ผังการดำเนินงานของวิธีการค้นหาแบบตามที่ใช้หลักการจดจำระยะสั้น.....	11
2.3 ลักษณะการสุ่มค่าตอบเริ่มต้นของการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลด้วยวิธีการค้นหาแบบตาม.....	12
2.4 แสดงตัวอย่างของรายการตาม.....	13
2.5 การพิจารณาค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของการสุ่มค่าใกล้เคียง.....	15
2.6 การบันทึกผลที่ได้จากการสุ่มที่มีค่าที่ดีกว่าค่าคำตอบเริ่มต้น.....	16
2.7 แสดงการตรวจสอบในเกณฑ์ปรารภณาในกรณีที่ค่าคำตอบใกล้เคียงดีกว่า.....	16
3.1 แกลบและแกลบอัดเป็นแท่งเชื้อเพลิง.....	20
3.2 ต้นอ้อย ชานอ้อยที่ใช้เป็นเชื้อเพลิง.....	21
3.3 ชีวมวลประเภทไม้ยางพารา.....	22
3.4 ปาล์มน้ำมันและกะลาปาล์ม.....	23
3.5 ต้นมันสำปะหลังและเชื้อเพลิงจากมันสำปะหลัง.....	24
3.6 ชีวมวลประเภทข้าวโพด.....	25
3.7 ไม้ยูคาลิปตัสที่นำมาใช้เป็นเชื้อเพลิง.....	26
4.1 วงไฟฟ้ากำลังในรูปของ Y_{bus}	31
4.2 ผังการทำงานของวิธีการค้นหาแบบตาม.....	36
4.3 แสดงการเปรียบเทียบเวลาในการค้นหาตำแหน่งการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวล.....	39
4.4 แบบจำลองระบบไฟฟ้ากำลัง 30 บัส ของ IEEE.....	41
4.5 แสดงกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่เกิดขึ้นในบัสต่างๆ ของการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลจำนวน 1 โรง ของระบบ 30 บัส ของ IEEE.....	42

สารบัญภาพประกอบ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่

4.6 แสดงกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่เกิดขึ้นในบัสต่างๆ จากการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวล จำนวน 2 โรง ของระบบ 30 บัส ของ IEEE.....	44
4.7 แสดงค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียเทียบกับกำลังไฟฟ้าที่ลดลงของการติดตั้งโรงไฟฟ้า ชีวมวลบนแบบจำลอง 30 บัส ของ IEEE	47
4.8 แบบจำลองระบบไฟฟ้ากำลัง 118 บัส ของ IEEE.....	48
4.9 แสดงกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่เกิดขึ้นในบัสต่างๆ จากการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวล 1 โรง ของระบบ 118 บัส ของ IEEE	49
4.10 แสดงกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่เกิดขึ้นในบัสต่างๆ จากการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลจำนวน 2 โรง ของระบบ 118 บัส ของ IEEE	51
4.11 แสดงค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียเทียบกับกำลังไฟฟ้าที่ลดลงของการติดตั้งโรงไฟฟ้า ชีวมวลบนแบบจำลอง 118 บัส ของ IEEE	54

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาการวิจัย

ชีวมวลจัดเป็นแหล่งพลังงานเก่าแก่ที่มีการนำมาใช้ตั้งแต่สมัยโบราณ ปัจจุบันชีวมวลเป็นแหล่งพลังงานที่มีความสำคัญเป็นอันดับ 4 ของโลก ต่อจาก น้ำมัน ถ่านหิน และแก๊สธรรมชาติ ซึ่งมีสัดส่วน 15 % ของพลังงานทั้งหมดที่โลกใช้ การนำชีวมวลมาใช้ผลิตพลังงานนั้นก่อให้เกิดประโยชน์มากมายหลายด้านทั้งเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม การใช้ชีวมวลเป็นการใช้ทรัพยากรภายในประเทศซึ่งสามารถปลูกทดแทนหรือเพิ่มปริมาณได้ มีวงจรชีวิตสั้นกว่าพลังงานฟอสซิล ซึ่งเป็นการลดอิทธิพลจากกลุ่มผู้ค้าน้ำมันจากกลุ่มประเทศส่งน้ำมันเป็นสินค้าส่งออกยังผลให้เกิดเสถียรภาพด้านพลังงาน ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการจัดหาพลังงานสำรองและการพึ่งพาพลังงานภายในประเทศได้อย่างมาก รวมถึงเป็นการสงวนเงินตราต่างประเทศ อีกทั้งชีวมวลยังมีราคาต่ำกว่าพลังงานเชิงพาณิชย์อื่นเมื่อคิดราคาต่อหน่วยความร้อนที่เท่ากัน และเมื่อมีการนำชีวมวลมาใช้ร่วมกับเทคโนโลยีที่ทันสมัยจะทำให้การใช้ชีวมวลมีประสิทธิภาพมากขึ้น ประโยชน์ของชีวมวลที่มีต่อสังคมนั้นคือความต้องการใช้ ชีวมวลจะก่อให้เกิดอาชีพการค้าขายผลิตภัณฑ์ประเภทชีวมวลให้แก่ประชาชนท้องถิ่น อีกทั้งมีการสร้างโรงไฟฟ้าจากชีวมวลก็จะก่อให้เกิดการจ้างงานและสามารถกระจายอยู่ตามชนบททำให้เกิดการพัฒนาชนบทขึ้น และผลทางด้านสิ่งแวดล้อมของการเพาะปลูกชีวมวลเหล่านี้ พืชจะดูดซับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากบรรยากาศเพื่อการเจริญเติบโตหรือการเพิ่มมวลสารให้ตนเองผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสงและเมื่อมีการเผาชีวมวลดังกล่าวจะมีการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในจำนวนที่น้อยกว่าทำให้ชีวมวลเป็นเชื้อเพลิงที่มีผลกระทบต่อปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศน้อยกว่าเชื้อเพลิงฟอสซิล ซึ่งเป็นแก๊สเรือนกระจกที่มีผลต่ออุณหภูมิของโลกที่กำลังเพิ่มสูงขึ้นจึงถือว่า ชีวมวลเป็นเชื้อเพลิงที่สะอาดกว่าเชื้อเพลิงฟอสซิล นอกจากนี้การเผาชีวมวลยังทำให้เกิดแก๊สไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) และแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ซึ่งก่อให้เกิดฝนกรดและทำลายโอโซน ในปริมาณที่น้อยมากเมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงประเภทฟอสซิล

ในประเทศอุตสาหกรรม ชีวมวลได้ถูกนำมาผลิตไฟฟ้าและไอน้ำเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ ในทางตรงกันข้ามกับประเทศที่กำลังพัฒนาส่วนใหญ่ใช้ชีวมวลเป็นเชื้อเพลิงในการหุงต้มและอุตสาหกรรมขนาดเล็ก ซึ่งยังไม่มีประสิทธิภาพและสร้างมลภาวะต่อ

สภาพแวดล้อม แต่การเพิ่มขึ้นของรายได้และอุตสาหกรรมจะเป็นตัวผลักดันให้มีการใช้เทคโนโลยีชีวมวลที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นและมีผลกระทบกับสิ่งแวดล้อมน้อยลง ในประเทศไทยมีการใช้ประโยชน์จากชีวมวลเป็นแหล่งพลังงานในอุตสาหกรรม เช่น โรงงานน้ำตาล โรงสีข้าว เป็นต้น โดยที่พลังงานชีวมวลมีอัตราเพิ่มขึ้น 8 % ต่อปี ดังนั้นโรงไฟฟ้าชีวมวลจึงมีความน่าสนใจสำหรับประเทศไทยเนื่องจากมีศักยภาพของแหล่งพลังงานประเภทชีวมวลจำนวนมาก แต่อย่างไรก็ตามแหล่งพลังงานดังกล่าวมีการกระจายตัวในทุกภูมิภาคของประเทศ ส่งผลให้การค้นหาตำแหน่งที่เหมาะสมของโรงไฟฟ้าชีวมวลจึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจระดับหนึ่ง

พลังงานหมุนเวียนเป็นทางเลือกในการลดการใช้พลังงานจากฟอสซิล ที่ปล่อยแก๊สเรือนกระจก ทำให้มีผลกระทบภายหลัง เช่น ภาวะโลกร้อน ดังนั้นประเทศไทยจึงมีการสนับสนุนแหล่งการใช้พลังงานหมุนเวียนในประเทศ โดยมีพลังงานหมุนเวียนอยู่หลายประเภทในเครือข่ายพลังงานของประเทศไทย พลังงานหมุนเวียนในการผลิตไฟฟ้าแสดงในตารางที่ 1.1 ซึ่งแสดงว่าโรงไฟฟ้าชีวมวล เป็นพลังงานหมุนเวียนที่มีศักยภาพสูงมีกำลังผลิต 2,223.8 เมกะวัตต์ 4,252.0 เมกะวัตต์ และ 6,813.0 เมกะวัตต์ ในปี พ.ศ. 2005, 2011 และ 2016 ตามลำดับ

ตารางที่ 1.1

การสนับสนุนการใช้พลังงานหมุนเวียนในประเทศไทย

แหล่งพลังงาน	กำลังผลิต (เมกะวัตต์)			การผลิต (จีกะวัตต์-ชั่วโมง)		
	2005	2011	2016	2005	2011	2016
ยอดรวมในประเทศ	2,223.8	4,252.0	6,813.0	9,856.0	21,488.0	34,359.0
ชีวมวล						
- กากสำหรับพลังงาน	2,191.0	3,229.0	4,938.0	9,596.0	14,143.0	21,628.0
- พืชหมุนเวียนระยะสั้น	0.0	519.0	1,298.0	0.0	3,182.0	7,955.0
- แก๊สชีวภาพสำหรับความร้อนและพลังงาน	28.8	181.0	193.0	227.0	1,475.0	1,580.0
- ขยะสำหรับความร้อนและพลังงาน	4.0	323.0	384.0	33.0	2,688.0	3,196.0
% การสนับสนุนชีวมวล	8.4	11.3	14.22	7.3	10.9	13.2

ที่มา : สำนักงานนโยบายแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน ประเทศไทย

โรงไฟฟ้าชีวมวล เป็นหนึ่งในแหล่งพลังงานหมุนเวียนที่น่าสนใจในประเทศไทย แต่จะต้องมีการวิจัยเพิ่มขึ้นเพื่อพิสูจน์ว่าการผลิตพลังงานจากโรงไฟฟ้าชีวมวลสามารถทำได้ทั้งทางเทคนิคและทางเศรษฐศาสตร์ แนวคิดในการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลในการกระจายสาขารูปโภคหรือระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าย่อยได้รับความนิยมจากลูกค้า ผลดีของชีวมวลที่มีมากเพียงพอภายในประเทศ ทำให้มีการสนับสนุนการติดตั้งโรงไฟฟ้าจากชีวมวลมากยิ่งขึ้น ซึ่งกำลังผลิตและที่ตั้งของโรงไฟฟ้าชีวมวลควรมีการพิจารณา ตำแหน่งที่เหมาะสมในการติดตั้งของโรงไฟฟ้าด้วยวิธีการและเทคนิคในการค้นหาจำนวน และที่ตั้งของโรงไฟฟ้าชีวมวล เพื่อลดการสูญเสียกำลังไฟฟ้าน้อยที่สุดตามเงื่อนไขความสมดุลของกำลังไฟฟ้า ข้อจำกัดของการผลิตกำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้าเสมือน และข้อจำกัดแรงดันไฟฟ้า

1.2 ข้อเสนอของงานวิจัย

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอเทคนิคในการค้นหาจำนวน และตำแหน่งที่เหมาะสมของโรงไฟฟ้าชีวมวลในระบบ 30 บัส และ 118 บัส ของ IEEE เพื่อลดการสูญเสียกำลังไฟฟ้าน้อยที่สุดตามเงื่อนไขความสมดุลของกำลังไฟฟ้า ข้อจำกัดของการผลิตกำลังไฟฟ้าจริง และกำลังไฟฟ้าเสมือน และข้อจำกัดแรงดันไฟฟ้า โดยใช้เทคนิคสำหรับใช้ในการค้นหาตำแหน่งที่เหมาะสมสำหรับการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวล คือ การค้นหาด้วยวิธีตาบู่

1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อหาตำแหน่งที่เหมาะสมที่สุดของการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลเพื่อลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบไฟฟ้ากำลังจำลองด้วยวิธีการแบบตาบู่ (Tabu Search ; TS) โดยพิจารณาในส่วนของตำแหน่ง และจำนวนของโรงไฟฟ้าชีวมวล
2. เพื่อเป็นแนวทางขยายผลการค้นหาสำหรับระบบไฟฟ้ากำลัง ของการติดตั้งโรงไฟฟ้า ชีวมวลกับประเทศไทย

1.4 ขอบเขตงานวิจัย

ทำการวิเคราะห์การติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลประเภทต่างๆ ในระบบไฟฟ้ากำลัง 30 บัส และ 118 บัส ของ IEEE ด้วยวิธีการค้นหาแบบตาบอดช่วยในการค้นหาขนาด และตำแหน่งที่เหมาะสมในการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลของระบบไฟฟ้ากำลังจำลอง มีการกำหนดขนาดโรงไฟฟ้าชีวมวลที่ 10 เมกะวัตต์ และจำนวนโรงไฟฟ้าชีวมวลที่ 1, 2, 3 และ 4 โรง

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ทราบตำแหน่ง และจำนวนที่เหมาะสมของการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวล ในระบบไฟฟ้ากำลังจำลอง 30 บัส และ 118 บัส ของ IEEE
2. สามารถลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียภายในระบบไฟฟ้ากำลัง

บทที่ 2

วิทยาการและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กังสดาล สกุลพงษ์มาลี. (2544). ได้นำเสนอนโยบายด้านงานวิจัยศึกษาพลังงานหมุนเวียน 3 ประเภท ได้แก่ พลังงานแสงอาทิตย์พลังงานลม และพลังงานชีวมวล เพื่อเสนอแนวนโยบายด้านงานวิจัยซึ่งข้อมูลที่ใช้สำหรับการวางแผนนโยบาย ได้แก่ ศักยภาพพลังงานหมุนเวียน สถานภาพการใช้พลังงานหมุนเวียนในต่างประเทศและประเทศไทย สถานภาพงานวิจัยด้านพลังงานหมุนเวียน การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ และปัญหาของการใช้พลังงานหมุนเวียนการเสนอแนวนโยบายด้านงานวิจัยพลังงานหมุนเวียนที่ทำการศึกษาคณะพิจารณาทั้งความเป็นไปได้ทางเทคนิคและเศรษฐศาสตร์ ความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ในที่นี้หมายถึงสามารถจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ได้ โดยพลังงานหมุนเวียนชนิดใดมีความพร้อมทั้งทางเทคนิคและเศรษฐศาสตร์จะมีการกำหนดแนวนโยบายในการวิจัยต่อไปโดยเน้นไปในด้านงานวิจัยเชิงนโยบายซึ่งจะเป็นงานวิจัยที่ศึกษาถึงมาตรการการส่งเสริมและการจูงใจ เพื่อให้เกิดการนำพลังงานหมุนเวียนประเภทนั้นๆ ไปใช้ประโยชน์ให้มากขึ้น ส่วนพลังงานหมุนเวียนชนิดที่ยังมีปัญหาด้านเทคนิคก็จะมีการเสนอแนวนโยบายในการวิจัยต่อไปในด้านการพัฒนาและลดปัญหาเพื่อให้สามารถมีความเป็นไปได้ทางเทคนิคและเศรษฐศาสตร์ต่อไปในอนาคต

Nipon K. (2003). ได้นำเสนอแนวคิดในการจัดหาไฟฟ้าให้กับหมู่บ้านที่ยังไม่มีไฟฟ้าใช้ในประเทศไทยโดยใช้พลังงานหมุนเวียน ระบบไฟฟ้าที่ใช้ในพื้นที่เหล่านี้จะเป็นระบบไฟฟ้าขนาดเล็ก ซึ่งเป็นระบบไฟฟ้าสายส่งแรงดันต่ำ จ่ายไฟฟ้าให้กับหมู่บ้านหรือกลุ่มผู้ใช้ขนาดเล็ก ที่อยู่ห่างไกลจากระบบสายส่งไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคหรือการไฟฟ้านครหลวง ระบบไฟฟ้าขนาดเล็กประกอบไปด้วยระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานจากพลังงานหมุนเวียน (Hybrid Power Plant) ระบบจำหน่ายไฟฟ้าแรงดันต่ำ (Grid Line) ภาระทางไฟฟ้า (Loads) และระบบการจัดการพลังงาน (Energy Management System, EMS) ขนาดของระบบไฟฟ้าขนาดเล็กที่กล่าวถึงนี้จะแบ่งเป็นระบบ 1-phase มีขนาดไม่เกิน 10 กิโลวัตต์ และระบบ 3-phase มีขนาดไม่เกิน 30 กิโลวัตต์

Nisha S. (2005). ได้ทำการศึกษาพลังงานทางเลือกของพลังงานชีวมวล โดยศึกษาในเรื่องของปริมาณของพลังงานชีวมวลในการเปลี่ยนรูปเป็นพลังงานไฟฟ้า, เทคโนโลยีในการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากชีวมวล งานวิจัยนี้เป็นการเก็บข้อมูลเพื่อหาศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวล ซึ่งกล่าวถึงต้นทุนการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากชีวมวล ทำการสรุปการผลิตพลังงานไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจริงในปัจจุบันของภูมิภาคต่างๆ คือ อเมริกา อังกฤษ โคโลัมเบีย แคนาดา ฟินแลนด์ และในเอเชีย โดยในการเก็บข้อมูลการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากชีวมวลนี้ ขอบเขตของพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ตั้งแต่ 10 – 250 กิโลวัตต์ ตามชนบท และพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ที่ 100 เมกะวัตต์ ตามนิคมอุตสาหกรรม เพื่อดูศักยภาพในการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากชีวมวล โดยผลของการวิจัยในเอเชียพบว่า มีกำลังผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลถึง 50,000 เมกะวัตต์ ในประเทศอินโดนีเซีย, 3,000 เมกะวัตต์ ในประเทศไทย, 1,207 เมกะวัตต์ ในประเทศมาเลเซีย, 352 เมกะวัตต์ ในประเทศฟิลิปปินส์ และ 250 เมกะวัตต์ ในประเทศเวียดนาม

Lamarre L.(1993). ได้ทำการศึกษาเรื่องของการผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กที่อยู่ใกล้สถานที่ผู้ใช้ไฟฟ้า โดยมีแนวคิดเรียกการติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีและลดปัญหาสถานะทางสิ่งแวดล้อม ส่งผลต่อการพัฒนาทางด้านอุตสาหกรรม งานวิจัยพบว่าการปรับปรุงความยืดหยุ่นของผู้ใช้ไฟฟ้าและการจัดการความต้องการไฟฟ้า เพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อชุมชนในท้องถิ่น รวมทั้งปรับปรุงการบริการลูกค้าและการส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้า แต่แนวคิดเรื่องการกระจายโรงไฟฟ้าจะมีปัญหาด้านเทคนิคและเศรษฐกิจที่ไม่พร้อม ไม่ว่าจะเป็นตัวเลือกสำหรับการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพเพื่อนำไปใช้งาน นักวิจัยได้มีการสำรวจที่ปัญหาโอกาสและแนวโน้มที่จะปรับปรุงการศึกษาการผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก งานวิจัยนี้ได้สร้างทฤษฎีเกี่ยวกับการติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็กสำหรับอุตสาหกรรม ที่ทำให้มีการพัฒนาเทคโนโลยีให้มีประสิทธิภาพการผลิตสูง ซึ่งมีต้นทุนทางด้านเชื้อเพลิงต่ำ และมีกฎระเบียบเริ่มต้นสำหรับการติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็กได้นำเสนอประเด็นเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงในอุตสาหกรรมและสิ่งแวดล้อมในที่ทำงานที่มีความสำคัญ

Naresh A., Pukar M. and Mithulananthan N. (2006). ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการวิเคราะห์ การคำนวณขนาดที่เหมาะสมที่สุด และผลของวิธีการเกี่ยวกับการหาตำแหน่งที่เหมาะสมที่สุดสำหรับพื้นที่ของการติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก (Distributed Generation, DG) เพื่อให้ได้กำลังไฟฟ้าสูญเสียในด้านปฏิกิริยาของระบบส่งจ่ายไฟฟ้าให้น้อยที่สุด โดยทำการศึกษา

ในระบบไฟฟ้ากำลัง 30 บัส (30 bus distribution test system), ระบบไฟฟ้ากำลัง 33 บัส (33 bus distribution test system) และระบบไฟฟ้ากำลัง 69 บัส (69 bus distribution test system) โดยการกำหนดขนาด และตำแหน่งที่เหมาะสมของการติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก ผลของงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าสามารถลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียด้านปฏิกิริยาของโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก หากมีการติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็กที่เหมาะสม ผลที่ได้จากการวิจัยนี้ ในระบบ 30 บัส ตำแหน่งที่เหมาะสมในการติดตั้งคือบัสที่ 12 มีขนาดโรงไฟฟ้าที่ติดตั้ง 3.30 เมกะวัตต์ ทำให้เกิดกำลังไฟฟ้าสูญเสีย 154.87 กิโลวัตต์ โดยก่อนทำการติดตั้งมีกำลังไฟฟ้าสูญเสีย 383.61 กิโลวัตต์ ทำให้มีกำลังไฟฟ้าสูญเสียลดลงถึง 59.6 %, ในระบบ 33 บัส ตำแหน่งที่เหมาะสมในการติดตั้งคือ บัสที่ 6 มีขนาดโรงไฟฟ้าที่ติดตั้ง 2.49 เมกะวัตต์ ทำให้เกิดกำลังไฟฟ้าสูญเสีย 111.24 กิโลวัตต์ โดยก่อนทำการติดตั้งมีกำลังไฟฟ้าสูญเสีย 211.20 กิโลวัตต์ ทำให้มีกำลังไฟฟ้าสูญเสียลดลงถึง 47.3 % และในระบบ 69 บัส ปรากฏว่าตำแหน่งที่เหมาะสมในการติดตั้งคือบัสที่ 61 มีขนาดโรงไฟฟ้าที่ติดตั้ง 1.81 เมกะวัตต์ ทำให้เกิดกำลังไฟฟ้าสูญเสีย 81.44 กิโลวัตต์ โดยก่อนทำการติดตั้งมีกำลังไฟฟ้าสูญเสีย 219.28 กิโลวัตต์ ทำให้มีกำลังไฟฟ้าสูญเสียลดลงถึง 62.8 %

Caisheng W. and Hashem Nehrir M. (2004). ได้ทำการศึกษาการสูญเสียของระบบไฟฟ้ากำลังและความสูญเสียการส่งจ่ายภายในโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก โดยพิจารณาตำแหน่งที่เหมาะสมของโรงไฟฟ้าขนาดเล็กในระบบไฟฟ้ากำลังซึ่งมีส่วนสำคัญที่ทำให้เกิดประโยชน์สูงสุด โดยใช้ระบบไฟฟ้ากำลัง 6 บัส และ 30 บัส ของ IEEE เป็นระบบไฟฟ้ากำลังทดสอบ งานวิจัยนี้ได้มีการศึกษาในการหาตำแหน่งที่ดีที่สุดของการติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็กภายใต้เงื่อนไข 3 รูปแบบ คือ Uniformly Distributed Load , Centrally Distributed Load and Uniformly Increasing Distributed Load ซึ่งเป็นการคาดการณ์ล่วงหน้าของระบบ 6 บัส มีตำแหน่งที่เหมาะสมในการติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็กที่ตำแหน่งบัสที่ 3 ขนาดโรงไฟฟ้า 5 เมกะวัตต์ และระบบ 30 บัส มีตำแหน่งที่เหมาะสมในการติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็กที่ตำแหน่งบัสที่ 5 ขนาดโรงไฟฟ้า 15 เมกะวัตต์ แต่ถ้าหากมีการติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาด 5 เมกะวัตต์ ลงในระบบ 30 บัส จะทำให้ตำแหน่งที่เหมาะสมที่สุดอยู่ที่บัสที่ 30

Mithulanathan N., Than O. and Le V.P. (2004). ได้ทำการศึกษาหาตำแหน่งที่เหมาะสมในการติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็กในระบบไฟฟ้ากำลังโดยใช้วิธีการทางพันธุกรรม (Genetic Algorithm ,GA) เพื่อลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบ ซึ่งทำการพิจารณาตัวประกอบสอง

ประการคือ ขนาดที่เหมาะสมของโรงไฟฟ้าขนาดเล็กที่ทำให้เกิดกำลังไฟฟ้าสูญเสียภายในระบบ และตำแหน่งของการติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็กที่เหมาะสมเพื่อช่วยลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียภายในระบบ โดยให้ความสำคัญกับปัญหาที่เกิดขึ้นจากโรงไฟฟ้าขนาดใหญ่จึงได้มีการนำโรงไฟฟ้าขนาดเล็กเข้าทดแทนภายในระบบไฟฟ้ากำลัง งานวิจัยนี้ได้จำกัดขนาดของโรงไฟฟ้าขนาดเล็กที่ 15 กิโลวัตต์ ถึง 10 เมกะวัตต์ โดยทำการศึกษาในส่วนของการสูญเสียในขดลวดของระบบด้วยการแก้ปัญหาการไหลของกำลังไฟฟ้าในระบบไฟฟ้ากำลัง 30 บัส รวมถึงทำการศึกษาการไหลในสายส่งและการสูญเสียในระบบ โดยผลที่ได้จากงานวิจัยนี้ ตำแหน่งที่เหมาะสมที่สุดในการติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็กคือ ตำแหน่งบัสที่ 27 มีขนาดของโรงไฟฟ้าที่ 3.143 เมกะวัตต์ มีกำลังไฟฟ้าสูญเสีย 74.5 กิโลวัตต์ โดยก่อนทำการติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็กมีกำลังไฟฟ้าสูญเสีย 386.5 กิโลวัตต์ หรือลดลงถึง 80.72 %

J.A. Bland and G.P. Dawson (1991). ได้ทำการศึกษาการค้นหาแบบตาม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพขั้นตอนในการค้นหากับจำนวนการแก้ปัญหาที่เหมาะสมรวมทั้งผลรวมของโปรแกรมและสมการกำลังสอง-ของแก้ปัญหา กระบวนการในการค้นหาด้วยตามจะง่ายต่อการปรับใช้เข้าด้วยกับเงื่อนไขของปัญหาที่เกิดตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ และเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการค้นหาด้วยวิธีตาม ในงานวิจัยนี้ได้อธิบายถึงวิธีการค้นหาแบบตามกับกระบวนการต่างๆ ไปด้วยตัวอย่างง่ายๆ โดยรายละเอียดที่สำคัญในการพิจารณาระบบคอมพิวเตอร์ที่จะมีผลกับประสิทธิภาพของการค้นหาด้วยวิธีตาม ซึ่งงานวิจัยนี้จะใช้วงจรอิเล็กทรอนิกส์ในการแก้ปัญหาในเรื่องของการออกแบบที่เหมาะสมด้วยวิธีการค้นหาแบบตาม ดังนั้นการค้นหาด้วยวิธีตามสามารถแก้ไขปัญหามุ่งมั่นของขั้นตอนการค้นหากำหนดสำหรับปัญหาต่างๆ ไปได้

2.2 การค้นหาแบบตาบู่

วิธีการค้นหาแบบตาบู่ (Tabu Search ; TS) เป็นการพัฒนาปรับปรุงคำตอบในการค้นหาแต่ละรอบ ซึ่งเริ่มจากคำตอบที่เป็นไปได้ (Feasible Solution) และพยายามค้นหาคำตอบที่ดีกว่า โดยใช้หลักการการค้นหาคำตอบจากบริเวณใกล้เคียงกับคำตอบเดิม (Neighborhood Solution) วิธีการค้นหาแบบตาบู่ มีคุณสมบัติเด่นที่สำคัญ คือ สามารถหลีกเลี่ยงคำตอบที่เหมาะสมเฉพาะ (Local Solution) โดยอาศัยหน่วยความจำระยะสั้น เพื่อใช้เป็นหลักการในการหาคำตอบในรอบต่อไป นอกจากนี้ วิธีการค้นหาแบบตาบู่ ยังยอมให้สามารถกลับไปหาคำตอบในรอบที่ผ่านมาที่ถูกห้ามไว้ (Tabu Status) เมื่อถึงเงื่อนไขที่กำหนดไว้ ซึ่งอาจจะเป็นค่าคำตอบที่ดีกว่าได้ หรืออาจจะเป็นคำตอบที่ดีที่สุดจากหลายๆ ทิศทางของคำตอบที่ผ่านมา ซึ่งจะทำให้ได้คำตอบที่ดีกว่า ในแต่ละรอบของการค้นหาคำตอบในค่าที่ใกล้เคียงของคำตอบปัจจุบัน (Current Solution) ที่มีค่าดีที่สุด จะถูกเลือกให้เป็นคำตอบปัจจุบันแทนที่คำตอบปัจจุบันเดิม ส่วนความแตกต่างระหว่างวิธีการค้นหาแบบตาบู่กับวิธีการค้นหาแบบเฉพาะถิ่น คือ วิธีการค้นหาแบบเฉพาะถิ่นจะหยุดดำเนินการเมื่อคำตอบปัจจุบันที่ได้จากบริเวณใกล้เคียงมีค่าไม่ดีกว่าคำตอบเดิม แต่วิธีการค้นหาแบบตาบู่ จะยังคงดำเนินการค้นหาคำตอบต่อไปได้อีก โดยใช้คำตอบที่ดีที่สุดที่ได้จากค่าใกล้เคียงนี้ ถึงแม้ว่าคำตอบที่ได้จะมีค่าด้อยกว่าคำตอบปัจจุบันเดิมก็ตาม และเพื่อป้องกันการวนซ้ำของการค้นหาคำตอบ ก็ใช้ประโยชน์จากคำตอบที่เคยได้ค้นหามาแล้ว ที่ถูกบันทึกไว้ในรายการที่เรียกว่า รายการตาบู่ (Tabu List) หรือรายการแสดงสถานะต้องห้าม และจะถูกเรียกนำมาใช้เพื่อทำการเปรียบเทียบคำตอบและทดสอบ เนื่องจากการย้ายตำแหน่งไปยังคำตอบที่มีสถานะต้องห้ามจะถูกห้ามไว้ แต่คำตอบที่เป็นสถานะต้องห้ามนี้ จะถูกยอมรับให้เป็นคำตอบได้เมื่อการทดสอบคำตอบนี้กับเกณฑ์ที่ตั้งไว้ที่ เรียกว่า เกณฑ์ความปรารถนา (Aspiration Level) และได้ผลลัพธ์เป็นที่น่าพอใจ ตัวอย่างของการใช้เกณฑ์ความปรารถนา คือ กรณีที่คำตอบที่คัดเลือกมา ได้ค่าดีกว่าคำตอบทั้งหมดที่เคยค้นหามาแล้ว ซึ่งแสดงให้เห็นว่ากระบวนการค้นหาไม่ได้มีการวนซ้ำแต่กลับเป็นการย้ายตำแหน่งไปยังคำตอบใหม่ที่ยังไม่เคยค้นหามา

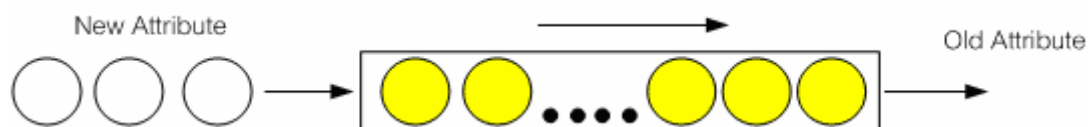
วิธีการค้นหาแบบตาบู่ แตกต่างจากวิธีการหาค่าที่เหมาะสมแบบอื่น อย่างเช่น วิธีจำลองการอ่อนตัวของโลหะ (Simulate Annealing) และวิธีพันธุกรรม (Genetic Algorithm) เนื่องจากทั้งสองวิธีนี้ไม่มีการใช้หน่วยความจำ ในการจดจำขบวนการค้นหาคำตอบที่เคยค้นหามาแล้ว ลักษณะในการจดจำของวิธีการค้นหาแบบตาบู่ สามารถพัฒนาปรับปรุงต่อไปให้มี

ประสิทธิภาพสูงขึ้นได้ เพราะมีความยืดหยุ่นสูง และเป็นหลักการที่ง่ายโดยทำการรวบรวมเอาองค์ประกอบต่างๆ ที่ดีเข้าไว้ด้วยกัน

วิธีการค้นหาแบบตามู สามารถป้องกันการย้อนกลับไปค้นหาคำตอบที่เคยค้นหามาแล้ว กระบวนการค้นหาคำตอบจะถูกบังคับไม่ให้ย้อนกลับไปค้นหาคำตอบเดิมที่เคยค้นหามาแล้ว โดยใช้หลักการจดจำคำตอบที่เคยค้นหาแล้วและเก็บไว้ในรายการตามู โดยที่รายการตามู จะประกอบไปด้วยตัวแปรที่เคยถูกนำมาใช้เป็นคำตอบในรอบที่ผ่านมาทั้งหมด o ตัว ดังนั้นขนาดของรายการตามู จึงมีค่าเท่ากับ o ลักษณะวิธีการบันทึกสถานะที่ต้องห้ามไว้ในรายการตามู แสดงไว้ในภาพที่ 2.1 การย้ายตำแหน่งที่เคยค้นหาแล้ว ก่อนหน้านี้จะถูกเก็บบันทึกไว้ในรายการตามู และถูกห้ามไม่ให้ทำการย้ายตำแหน่งเพื่อหาคำตอบจากการย้ายตำแหน่งเหล่านี้

ภาพที่ 2.1

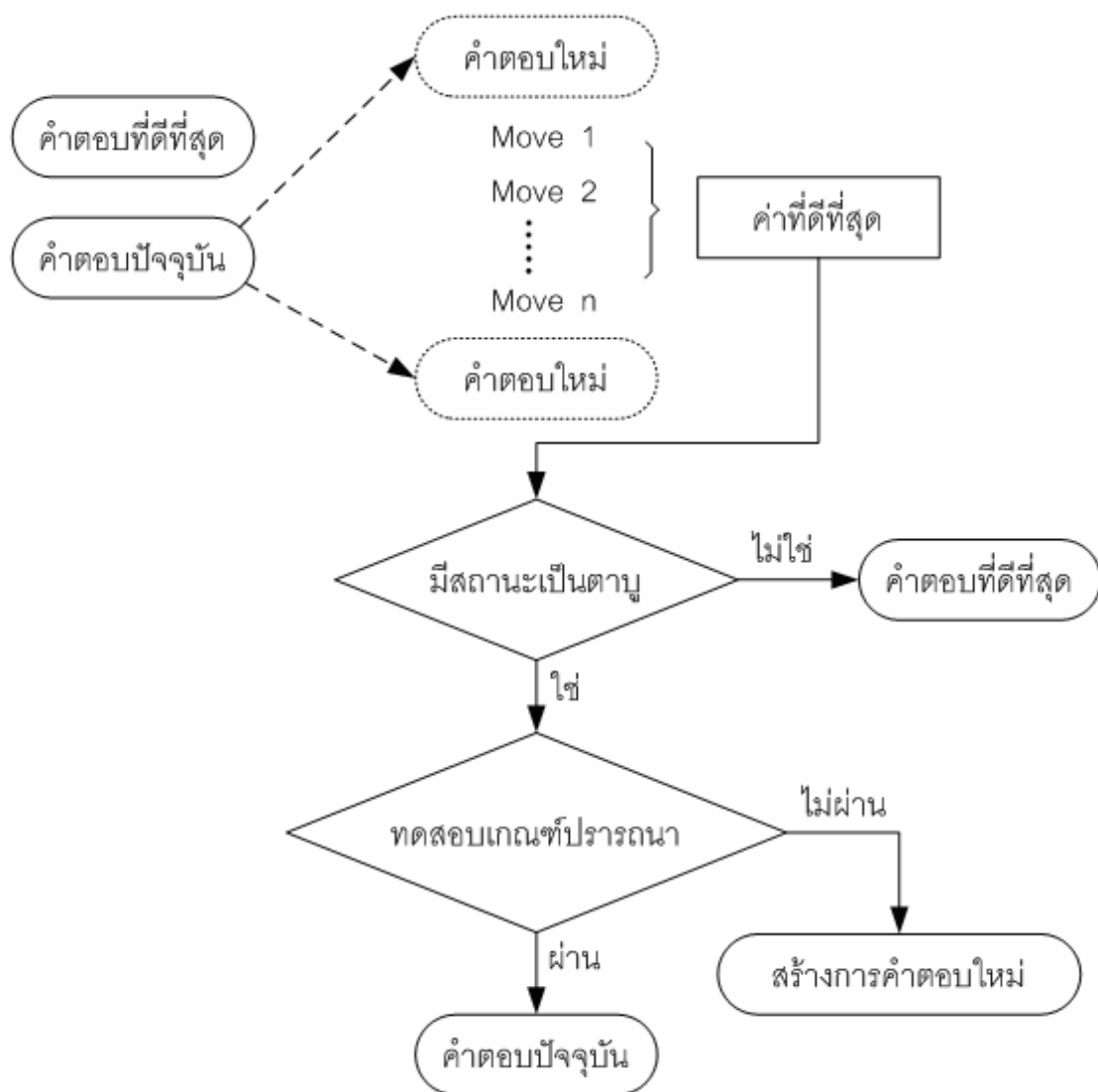
ลักษณะการบันทึกค่าในรายการตามู



การย้อนกลับไปค้นหาคำตอบที่เคยค้นหาแล้ว จะถูกป้องกันด้วยรายการตามู อย่างไรก็ตาม เนื่องจากมีเพียงตัวแปรที่เกี่ยวกับการสร้างคำตอบใหม่เท่านั้นที่ถูกเก็บไว้ในรายการตามู ดังนั้นการย้ายตำแหน่งที่มีสถานะต้องห้ามเหล่านี้จะถูกป้องกันไม่ให้นำกลับมาพิจารณาเป็นคำตอบที่ยังไม่เคยค้นหาแล้ว การยกเลิกสถานะต้องห้ามของการสร้างคำตอบเหล่านี้ สามารถกระทำได้โดยใช้เกณฑ์ปรารณามาทดสอบ นั่นคือ ถ้าคำตอบที่ได้จากการสร้างคำตอบที่มีสถานะต้องห้าม และมีค่าอยู่ในรายการตามูแล้ว จะถูกนำมาพิจารณาว่าเป็นคำตอบที่ยังไม่เคยถูกค้นหามาก่อนหน้านี้ ถ้าการทดสอบคำตอบนี้กับเกณฑ์ความปรารณามีค่าเป็นที่น่าสนใจ วิธีการค้นหาแบบตามูที่ใช้หลักการจดจำระยะสั้นแสดงภาพที่ 2.2

ภาพที่ 2.2

ผังการดำเนินงานของวิธีการค้นหาแบบตาบอดที่ใช้หลักการจดจำระยะสั้น



2.3 วิธีการค้นหาแบบตาบ

สำหรับขั้นตอนการประมวลผลการหาตำแหน่งที่เหมาะสมของการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลด้วยวิธีตาบสามารถอธิบายได้ตามขั้นตอนของการค้นหาสามารถอธิบายได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ทำการสุ่มคำตอบเริ่มต้น และเก็บค่าดังกล่าวไว้ที่ ค่าตอบปัจจุบัน กับ คำตอบที่ดีที่สุด โดยทำการกำหนดเขตของจำนวนการติดตั้งของโรงไฟฟ้าชีวมวล เช่น ในการติดตั้งโรงไฟฟ้าจำนวน 4 โรง ทำการกำหนดค่าเริ่มต้นอยู่ในรูปของเวกเตอร์ ดังภาพที่ 2.3

ภาพที่ 2.3

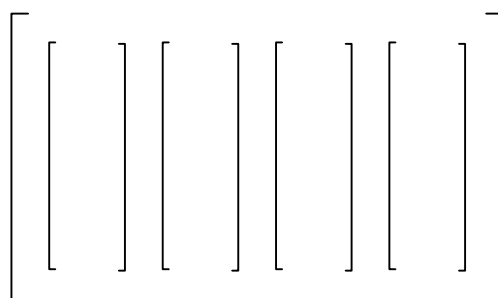
ลักษณะการสุ่มคำตอบเริ่มต้นของการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลด้วยวิธีการค้นหาแบบตาบ

$$\begin{bmatrix} 1 \\ 22 \end{bmatrix} \qquad \begin{bmatrix} 1 \\ 22 \\ 53 \\ 90 \end{bmatrix}$$

จำนวนโรงไฟฟ้า 2 โรง จำนวนโรงไฟฟ้า 4 โรง
ติดตั้ง 2 ตำแหน่ง ติดตั้ง 4 ตำแหน่ง

ขั้นตอนที่ 2 จากการสุ่มค่าเริ่มต้นแล้วให้ทำการกำหนดรายการตาบให้เป็นเซตว่าง โดยที่สามารถกำหนดขนาดของรายการตาบได้ตามกำหนด ในงานวิจัยนี้ทำการกำหนดเป็นเมทริกซ์ ขนาดพิจารณาตามเงื่อนไขของจำนวนโรงไฟฟ้าชีวมวลที่ทำการติดตั้ง เช่น การติดตั้งโรงไฟฟ้าจำนวน 4 โรง ทำการกำหนดขนาดของรายการตาบ และกำหนดให้เป็นเซตว่าง โดยมีขนาดเมทริกซ์ 4×4 คือมีจำนวนคำตอบของการสุ่มผลที่ได้จากค่าเริ่มต้นได้ 4 ค่า ดังในภาพที่ 2.4 จากนั้นกำหนดดัชนีจำนวนรอบ (k) ให้เป็น 1 และกำหนดค่าเกณฑ์ปรารณาด้วยค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของคำตอบที่ดีที่สุด โดยค่าเกณฑ์ปรารณาจะกำหนดให้เป็นค่าสูงที่สุด เพื่อป้องกันการวนซ้ำของคำตอบที่มีในรายการตาบแล้ว

ภาพที่ 2.4
แสดงตัวอย่างของรายการตาม

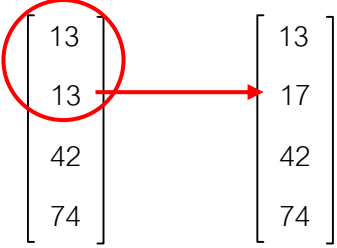


ผลของการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวล 4 โรง
มีขนาดของรายการตาม 4×4

ขั้นตอนที่ 3 ทำการสุ่มคำตอบใกล้เคียง (Neighborhood Solution) จากคำตอบปัจจุบันจำนวน M คำตอบ แล้วคำนวณฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของคำตอบใกล้เคียงทั้งหมด จากนั้นเก็บไว้ในเซตของคำตอบใกล้เคียงตามลำดับของค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ โดยการกำหนดเงื่อนไขของการเปลี่ยนค่าของตำแหน่งที่เหมาะสม หากมีการกำหนดคำตอบใกล้เคียงจำนวนมากจะทำให้การค้นหามีความแม่นยำมากขึ้น แต่จะใช้เวลาในการประมวลผลมากขึ้นตามไปด้วย ในงานวิจัยนี้จะกำหนดเงื่อนไขตามลักษณะของจำนวนการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวล เช่น การติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลจำนวน 4 โรง ทำการกำหนดค่าการสุ่มจำนวน 4 ค่า ($M = 4$) จากนั้นนำผลที่ได้มาคำนวณตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการคือ กำลังไฟฟ้าสูญเสีย ซึ่งกรณีที่ทำกรสุ่มอาจเกิดขึ้นได้หลายรูปแบบดังแสดงได้ในตารางที่ 2.1 โดยในตารางที่ 2.1 จะอธิบายกรณีต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากการสุ่ม ซึ่งกรณีที่ 1 แสดงการสุ่มตามเงื่อนไขที่กำหนด ซึ่งผลที่ได้จากเงื่อนไขคือไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่า ดังนั้นก็จะใช้ค่าคำตอบเริ่มต้นเป็นค่าคำตอบใกล้เคียง และทำการคำนวณตามฟังก์ชันวัตถุประสงค์ต่อไป ในกรณีที่ 2 เมื่อพิจารณาไม่เป็นไปตามเงื่อนไข ให้ทำการสุ่มค่าใหม่ และคำนวณตามฟังก์ชันวัตถุประสงค์ต่อไป ในกรณีที่ 3 หากมีตำแหน่งในการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลที่บัสเดียวกัน ให้พิจารณาเงื่อนไขที่กำหนด โดยทำการสุ่มใหม่จนกว่าจะไม่มีกรติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลซ้ำกัน และกรณีสุดท้ายทำการสุ่มค่าคำตอบใกล้เคียงให้ครบตามจำนวนที่กำหนด คือ $M = 4$ และนำค่าคำตอบใกล้เคียงมาคำนวณฟังก์ชันวัตถุประสงค์ และพิจารณาค่าคำตอบที่ดีที่สุดต่อไป

ตารางที่ 2.1

แสดงกรณีที่เกิดในการสุ่มค่าใกล้เคียงค่าเริ่มต้นของการค้นหาด้วยวิธีตาบู่

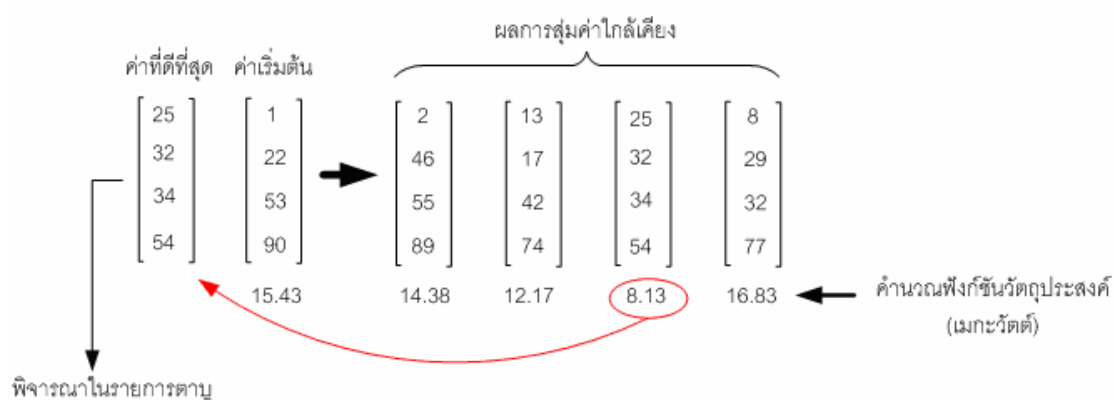
กรณีที่	ค่าเริ่มต้น	ผลที่ได้จากการสุ่ม
1	$\begin{bmatrix} 1 \\ 22 \\ 53 \\ 90 \end{bmatrix}$	หากไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่า $\begin{bmatrix} 1 \\ 22 \\ 53 \\ 90 \end{bmatrix}$
2	$\begin{bmatrix} 1 \\ 22 \\ 53 \\ 90 \end{bmatrix}$	หากมีการเปลี่ยนแปลงค่า $\begin{bmatrix} 13 \\ 13 \\ 42 \\ 74 \end{bmatrix}$
3	$\begin{bmatrix} 1 \\ 22 \\ 53 \\ 90 \end{bmatrix}$	หากมีตำแหน่งที่ซ้ำกันให้ทำการสุ่มใหม่  $\begin{bmatrix} 13 \\ 13 \\ 42 \\ 74 \end{bmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix} 13 \\ 17 \\ 42 \\ 74 \end{bmatrix}$
4	$\begin{bmatrix} 1 \\ 22 \\ 53 \\ 90 \end{bmatrix}$	ทำการสุ่มจนครบจำนวนที่กำหนด $\begin{bmatrix} 1 \\ 22 \\ 53 \\ 90 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} 13 \\ 17 \\ 42 \\ 74 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} 32 \\ 34 \\ 25 \\ 54 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} 8 \\ 29 \\ 32 \\ 77 \end{bmatrix}$ (กำหนด $M = 4$)

ขั้นตอนที่ 4 กำหนดดัชนีคำตอบใกล้เคียง (k_n) ให้เป็น 1 เป็นการเพิ่มระดับตำแหน่งของเงื่อนไขการค้นหาเมื่อมีการสุ่มค่าเริ่มต้นแล้ว

ขั้นตอนที่ 5 จากการสุ่มค่าคำตอบใกล้เคียงที่ได้จากค่าเริ่มต้น ถ้าผลการคำนวณค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของคำตอบใกล้เคียงตำแหน่ง k_n ที่ได้จากการสุ่มดีกว่าคำตอบที่ดีที่สุด ให้ทำการเก็บค่าคำตอบใกล้เคียงนั้นที่คำตอบที่ดีที่สุด เช่น จากการค้นหาตำแหน่งของการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลจำนวน 4 โรง มีการคำนวณค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์พบว่าผลที่ได้จากค่าคำตอบใกล้เคียงมีค่าตอบที่ดีกว่าค่าคำตอบเริ่มต้นดังนั้นให้นำค่าดังกล่าวมาเป็นค่าเริ่มต้น และให้เป็นค่าคำตอบที่ดีที่สุดแทนดังแสดงในภาพที่ 2.5

ภาพที่ 2.5

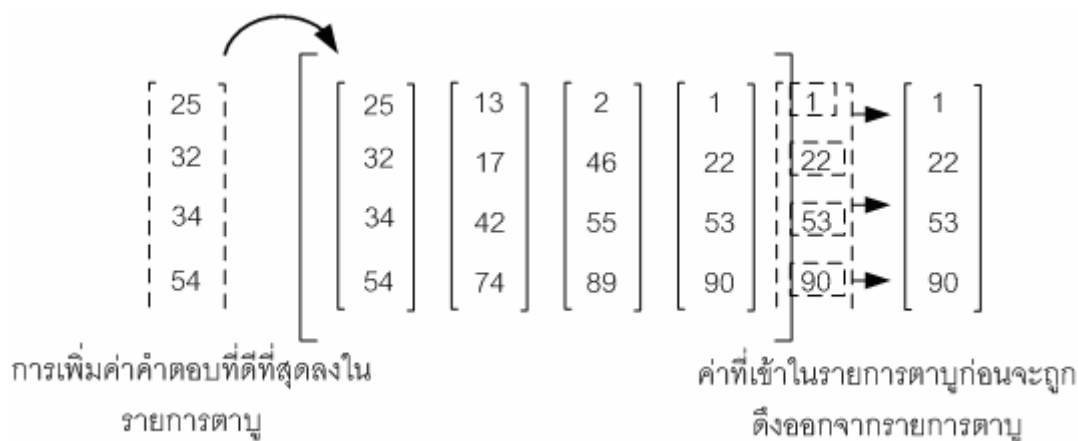
การพิจารณาค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของการสุ่มค่าใกล้เคียง



ขั้นตอนที่ 6 ทำการเลือกคำตอบที่ดีที่สุดของค่าคำตอบใกล้เคียงที่ดีกว่าค่าคำตอบเริ่มต้นบันทึกลงในรายการตาม ทำการตรวจสอบคำตอบที่ใกล้เคียงตำแหน่งที่ k_n กับคำตอบในรายการตาม ถ้าไม่พบให้เพิ่มใน รายการตาม ซึ่งเบื้องต้นได้มีการกำหนดรายการตามให้เป็นเซตว่าง โดยมีการเพิ่มในลักษณะการเข้าก่อนออกก่อนดังภาพที่ 2.6 จากนั้นกำหนดให้เป็นคำตอบปัจจุบันของรอบถัดไป ($k+1$) และไปที่ขั้นตอนที่ 9 พร้อมกำหนดเกณฑ์ปรารถนาด้วยค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของคำตอบใกล้เคียงดังกล่าว แต่หากพบในรายการตามให้นำไปพิจารณาในในเกณฑ์ปรารถนาต่อไปในขั้นตอนที่ 7

ภาพที่ 2.6

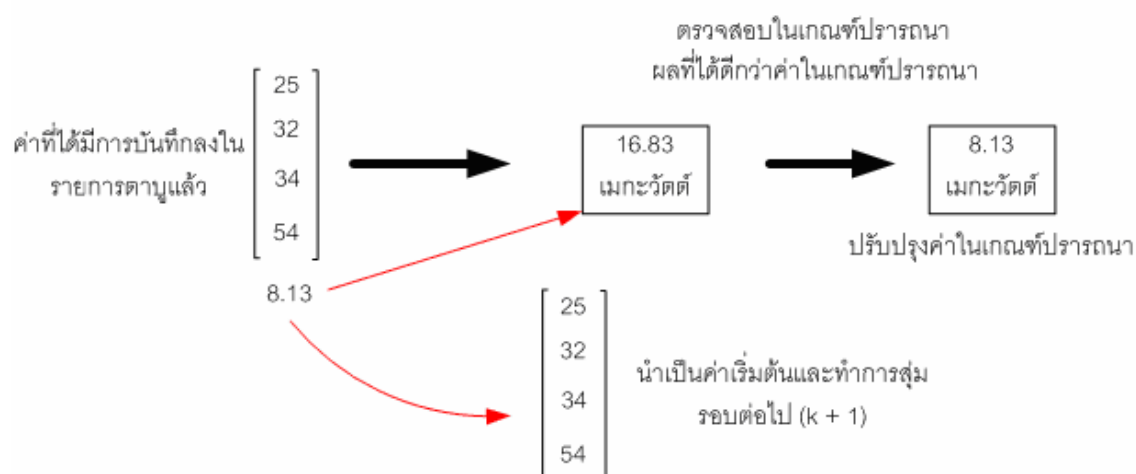
การบันทึกผลที่ได้จากการสุ่มที่มีค่าที่ดีกว่าค่าคำตอบเริ่มต้น



ขั้นตอนที่ 7 หากพบว่าผลการคำนวณฟังก์ชันวัตถุประสงค์ค่าคำตอบใกล้เคียงมีในรายการตามแล้ว ให้นำไปพิจารณาในในเกณฑ์ปรารภณาทำการตรวจสอบค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของคำตอบใกล้เคียงตำแหน่ง k_k ถ้าดีกว่าค่าเกณฑ์ปรารภณา ให้ทำการปรับปรุงค่าเกณฑ์ปรารภณา ด้วยค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของคำตอบใกล้เคียงแทน แล้วกำหนดให้คำตอบใกล้เคียงเป็นคำตอบปัจจุบันของรอบถัดไป ($k+1$) ดังภาพที่ 2.7 จากนั้นไปที่ขั้นตอนที่ 9

ภาพที่ 2.7

แสดงการตรวจสอบในเกณฑ์ปรารภณาในกรณีที่ค่าคำตอบใกล้เคียงดีกว่า



ขั้นตอนที่ 8 ตรวจสอบค่า k_n ถ้าครบจำนวนที่กำหนดให้ไปที่ขั้นตอนที่ 9 หากพบว่าค่าเกณฑ์ปรารภณา ดีกว่าค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ให้ทำการเพิ่ม k_n เป็น $k_n + 1$ โดยนำค่าคำตอบใกล้เคียงในลำดับถัดไปมาพิจารณาในรายการตามหากพบว่าค่าคำตอบใกล้เคียงไม่มีในรายการตาม ให้ทำการเพิ่มค่าค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ $k_n + 1$ ในรายการตาม และให้เป็นค่าคำตอบเริ่มต้นเพื่อทำการสุ่มค่าคำตอบใกล้เคียงใหม่ หากพบว่าค่าค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ $k_n + 1$ มีอยู่ในรายการตามแล้ว ให้นำไปพิจารณาในค่าเกณฑ์ปรารภณา หากค่าเกณฑ์ปรารภณาดีกว่าค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ $k_n + 1$ อีก ก็ให้ทำการเพิ่มค่า k_n ไปอีกจนครบตามจำนวนการสุ่ม ($M = 4$) และให้กลับไปขั้นตอนที่ 5 และเมื่อครบตามจำนวนที่สุ่มแล้วพบว่าค่าเกณฑ์ปรารภณาดีกว่าค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์อีก ให้กลับไปขั้นตอนที่ 3 เพื่อทำการสุ่มใหม่

ขั้นตอนที่ 9 ตรวจสอบค่า k ถ้าครบจำนวนที่กำหนด ให้หยุดการทำงาน ไม่เช่นนั้นให้เพิ่ม k ขึ้น 1

บทที่ 3

ชีวมวล

ในปัจจุบันมีชีวมวลที่นำมาใช้เป็นพลังงาน เช่น เศษไม้ แกลบ ชานอ้อย กากปาล์ม ช้างข้าวโพด กาบและกะลามะพร้าว เป็นต้น และยังมีชีวมวลจากสัตว์และของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมที่สามารถนำมาใช้เป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญ

3.1 ศักยภาพของพลังงานชีวมวล

ศักยภาพของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรของพืช 10 ชนิดหลักของประเทศประเทศไทยที่มีปริมาณวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรรวมเป็นจำนวนมาก แต่ยังมี การนำไปใช้งาน เป็นเชื้อเพลิงและอื่นๆ ไม่มากนัก ดังนั้นประเทศไทยจึงศักยภาพในการผลิตพลังงานจากชีวมวล โดยชีวมวลส่วนใหญ่ได้จาก ชานอ้อยหรือยอด, ใบอ้อย, แกลบ, ฟางข้าว และส่วนเหลือของปาล์ม น้ำมัน เช่น กะลา ทะลาย หรือเส้นใยปาล์ม จัดเป็นกลุ่มชีวมวลที่มีสัดส่วนสูงที่สุดของศักยภาพชีวมวลทั้งหมดของประเทศ โดยทั่วไปแล้วการนำชีวมวลไปใช้มี 2 ประเภทคือ

3.1.1 นำไปใช้เพื่อให้ได้มาซึ่งพลังงานความร้อน เช่น การนำฟืนไปใช้ในเตาของชาวบ้านเพื่อหุงต้ม หรือ การนำเศษไม้ไปใช้ในหม้อไอน้ำเพื่อใช้ในกระบวนการผลิต

3.1.2 นำชีวมวลไปใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า เช่น โรงน้ำตาลใช้กากอ้อยที่ได้จากการหีบอ้อยเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า หรือ โรงสีขนาดใหญ่ที่ใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิงหลักในการผลิตไฟฟ้า เป็นต้น

การนำชีวมวลไปผลิตไฟฟ้ายังจำกัดเฉพาะในภาคอุตสาหกรรมประเภทที่ใช้กากอ้อยและแกลบเป็นเชื้อเพลิงหลัก แม้ว่าแท้จริงแล้ว ประเทศยังมีศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลอีกมาก ดังแสดงในตารางที่ 3.1 ซึ่งแสดงถึงศักยภาพของชีวมวลของไทยในการผลิตไฟฟ้า พบว่ามีจำนวนผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็กมากที่สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าให้กับประเทศไทยได้อีกเป็นจำนวนมากไม่ว่าจะอยู่ระหว่างการยื่นข้อเสนอหรือขายไฟฟ้าเข้าระบบแล้วก็ตาม โดยประเทศไทยมีศักยภาพของกำลังไฟฟ้าที่รวมในส่วนของผู้จำหน่ายไฟฟ้ารายเล็กมากที่อยู่ระหว่างการยื่นข้อเสนอขายไฟฟ้า ผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็กมากที่ได้รับการตอบรับซื้อไฟฟ้าแล้ว และผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็กมากที่ขายไฟฟ้าเข้าระบบแล้ว โดยมีกำลังการผลิตไฟฟ้ารวม 3,619.58 เมกะวัตต์ และศักยภาพรวมของ

กำลังไฟฟ้าที่สามารถขายเข้าระบบรวม 2,075.10 เมกะวัตต์ รายละเอียดผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็กมาก
สถานที่ติดตั้ง ขนาดกำลังการผลิต และกำลังไฟฟ้าที่ขาย รวมไปถึงผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็กที่มีการยื่น
ข้อเสนอซื้อขายกับทางการไฟฟ้า โดยใช้เชื้อเพลิงชีวมวลสามารถอธิบายได้ในภาคผนวก ก.

ตารางที่ 3.1

ศักยภาพชีวมวลของไทยในการผลิตไฟฟ้า

ประเภทเชื้อเพลิง	ยื่นข้อเสนอขายไฟฟ้า		รับการตอบรับซื้อไฟฟ้า		ขายไฟฟ้าเข้าระบบแล้ว	
	กำลังผลิต ติดตั้ง (เมกะวัตต์)	กำลังไฟฟ้า ที่ขาย (เมกะวัตต์)	กำลังผลิต ติดตั้ง (เมกะวัตต์)	กำลังไฟฟ้า ที่ขาย (เมกะวัตต์)	กำลังผลิต ติดตั้ง (เมกะวัตต์)	กำลังไฟฟ้า ที่ขาย (เมกะวัตต์)
กากปาล์ม , ทะลายปาล์ม	105.21	80.90	77.71	56.90	26.46	15.40
กากสับดำ	9.50	8.00	0.00	0.00	0.00	0.00
กากอ้อย , กากอ้อย+แกลบ	717.20	225.80	633.30	203.80	423.30	135.30
แกลบ , ฟาง , เศษไม้	577.61	481.21	420.91	352.01	70.77	58.51
ขุยมะพร้าว	25.46	21.15	25.46	21.15	0.00	0.00
ซังข้าวโพด/แกนเปลือก	11.86	9.94	10.06	8.14	0.16	0.14
ซังข้าวโพด+แกลบ	15.90	13.40	6.00	5.40	0.00	0.00
มันสำปะหลัง (กาก+เหง้า)	21.90	17.60	21.90	17.60	0.00	0.00
ไม้โตเร็ว	66.99	55.75	25.72	22.25	0.00	0.00
เศษไม้ , เปลือกไม้ , ชีเสื่อย	148.80	122.55	131.80	107.80	12.60	6.80
อื่นๆ	16.50	13.80	16.50	13.80	0.00	0.00
รวม	1,716.93	1,050.10	1,369.36	808.85	533.29	216.15

ที่มา: สำนักนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน

3.2 ประเภทของชีวมวล

ในการศึกษาศักยภาพของชีวมวล จะพิจารณาถึงพืชที่มีการปลูกมากเป็นหลัก และพืชที่มแนวโน้มปลูกเพิ่มขึ้นตามนโยบายของรัฐบาล ซึ่งมี 7 ชนิดสำคัญดังนี้

ตารางที่ 3.2
พืชชีวมวลประเภทแกลบ

ชนิดชีวมวล	แกลบ	
ภาพ	ภาพที่ 3.1 แกลบและแกลบอัดเป็นแท่งเชื้อเพลิง 	
รายละเอียด	แกลบเป็นส่วนเหลือทิ้งจากการสีข้าว โดยสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลายอย่างเช่น ปรับสภาพดินก่อนเพาะปลูก นำไปเผาเป็นถ่านอัดแท่ง เป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้เพื่อให้ได้ความร้อน	
เทคโนโลยี	กักเก็บไอน้ำ , กระบวนการแปรสภาพเป็นแก๊ส (Gasification)	
ข้อดีข้อเสีย	ข้อดีคือ มีความชื้นต่ำ และขนาดเล็ก ขี้เถ้าที่ได้จากแกลบยังสามารถผสมดินเพื่อปลูกไม้ดอกไม้ประดับ ใช้ในการเผาไหม้เพื่อผลิตความร้อน และนำความร้อนดังกล่าวมาใช้ประโยชน์ต่อไปเช่น ผลิตไฟฟ้า อบข้าวเพื่อลดความชื้น	ข้อเสียคือ มีปริมาณขี้เถ้าจากการเผาไหม้สูง ควรคำนึงในการเผาไหม้ เนื่องจากแกลบมีน้ำหนักเบา และบรรจุได้น้อยประมาณ 5 ตัน/เที่ยว เท่านั้น

ตารางที่ 3.3
พืชชีวมวลประเภทอ้อย

ชนิดชีวมวล	ใบอ้อย ชานอ้อย	
ภาพ	ภาพที่ 3.2 ต้นอ้อย ชานอ้อยที่ใช้เป็นเชื้อเพลิง 	
รายละเอียด	ชานอ้อยเป็นผลพลอยได้จากการผลิตน้ำตาล มีค่าความชื้นสูง ส่วนใหญ่จะถูกใช้เป็นเชื้อเพลิงเพื่อใช้ในการกระบวนการผลิตน้ำตาล ส่วนใบและยอดอ้อยจะมีค่าความชื้นต่ำ และให้ค่าพลังงานความร้อนสูง เหมาะสำหรับผลิตพลังงานไฟฟ้าเพื่อใช้ภายในโรงงานน้ำตาล	
เทคโนโลยี	กังหันไอน้ำ , กระบวนการแปรสภาพเป็นแก๊ส	
ข้อดีข้อเสีย	ข้อดีคือ มีความชื้นต่ำ และค่าพลังงานความร้อนสูง ต้นทุนการผลิตพลังงานไฟฟ้าต่ำ ใบอ้อยและยอดอ้อยจะเป็นเชื้อเพลิงที่สำคัญในการผลิตพลังงานไฟฟ้าในอนาคต	ข้อเสียคือ มีปริมาณผลผลิตที่ได้จากอ้อยน้อย พื้นที่ในการเพาะปลูกมีอุปสรรคในเรื่องของการจัดเก็บ

ตารางที่ 3.4
พืชชีวมวลประเภทไม้ยางพารา

ชนิดชีวมวล	ไม้ยางพารา	
ภาพ	ภาพที่ 3.3 ชีวมวลประเภทไม้ยางพารา 	
รายละเอียด	ไม้ยางพาราเป็นไม้ยืนต้นขนาดใหญ่ มีอายุ 6 – 7 ปี จะสามารถกรีดยางได้ และมีปริมาณน้ำยางน้อยเมื่อมีอายุประมาณ 25 – 30 ปี โรงงานอุตสาหกรรมนิยมใช้ไม้ยางพาราเป็นเชื้อเพลิงในกระบวนการผลิต เพราะมีต้นทุนต่ำกว่าการใช้น้ำมันเตา เช่น โรงงานผลิตถุงมือยาง โรงงานแปรรูปอาหารทะเล ส่วนปึกไม้และขี้เลื่อยนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงให้ความร้อนอบไม้ยางพาราในโรงเลื่อย และส่วนที่เหลือจากการนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงแล้วก็ยังสามารถนำไปขายได้	
เทคโนโลยี	กังหันไอน้ำ , กระบวนการแปรสภาพเป็นแก๊ส	
ข้อดีข้อเสีย	ข้อดีคือ สามารถนำมาผลิตพลังงานความร้อน จากเศษไม้ที่เหลือใช้จากการผลิตเฟอร์นิเจอร์ ต้นทุนในการผลิตความร้อนถูก	ข้อเสียคือ มีค่าความชื้นสูง และค่าพลังงานความร้อนต่ำ และมีปริมาณน้อยหากเทียบกับชีวมวลชนิดอื่นๆ

ตารางที่ 3.5
พืชชีวมวลประเภทปาล์มน้ำมัน

ชนิดชีวมวล	ปาล์มน้ำมัน	
ภาพ	ภาพที่ 3.4 ปาล์มน้ำมันและกะลาปาล์ม 	
รายละเอียด	ปาล์มน้ำมันเป็นพืชที่ให้ผลผลิตเป็นน้ำมันปาล์มที่ใช้ประกอบอาหาร ซึ่งมีจำนวนมาก นอกจากนำมาผลิตน้ำมันปาล์ม ยังมีส่วนอื่นๆ ที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการให้ความร้อนมีหลายส่วนเช่น ใบปาล์ม กะลา ทะลายปาล์ม	
เทคโนโลยี	กักเก็บไอน้ำ	
ข้อดีข้อเสีย	ข้อดีคือ สามารถนำมาผลิตพลังงานความร้อน นอกเหนือจากการผลิตน้ำมันปาล์ม แต่สำหรับกะลาปาล์ม ถูกลำบากเป็นเชื้อเพลิงในกระบวนการผลิต กะลาปาล์มมีความชื้นต่ำและให้ความร้อนค่อนข้างสูงจึงเป็นที่นิยมของโรงงานอุตสาหกรรม	ข้อเสียคือ มีค่าความชื้นสูง และค่าพลังงานความร้อนต่ำ (ยกเว้นกะลาปาล์ม) หากมีอุณหภูมิการเผาไหม้ไม่สูงมากนัก จะส่งผลให้ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำลดลง

ตารางที่ 3.6
พืชชีวมวลประเภทมันสำปะหลัง

ชนิดชีวมวล	มันสำปะหลัง	
ภาพ	ภาพที่ 3.5 ต้นมันสำปะหลังและเชื้อเพลิงจากมันสำปะหลัง 	
รายละเอียด	มันสำปะหลังเป็นพืชปลูกง่าย ผลผลิตที่ได้คือหัวมัน โดยหัวมันสำปะหลังถูกนำมาใช้ในการผลิตแป้งมัน เศษวัสดุที่ได้จากต้นมันสำปะหลังสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง โดยเฉพาะเหง้ามันและลำต้นสามารถนำมาผลิตพลังงานความร้อนให้กับหม้อไอน้ำได้	
เทคโนโลยี	กังหันไอน้ำ	
ข้อดีข้อเสีย	ข้อดีคือ ใช้เป็นเชื้อเพลิงผลิตพลังงานความร้อนทดแทนการใช้ น้ำมันเตาได้ในหม้อไอน้ำ	ข้อเสียคือ มีค่าความชื้นสูง และค่าพลังงานความร้อนค่อนข้างต่ำ โดยส่วนใหญ่จะใช้ส่วนของเหง้ามันและลำต้นมาใช้ประโยชน์ได้เท่านั้น

ตารางที่ 3.7
พืชชีวมวลประเภทข้าวโพด

ชนิดชีวมวล	ข้าวโพด	
ภาพ	ภาพที่ 3.6 ชีวมวลประเภทข้าวโพด 	
รายละเอียด	ข้าวโพดเป็นพืชล้มลุก ใช้เวลาในการให้ผลผลิต 3-4 เดือน โดยให้ผลผลิตเป็นข้าวโพดหวาน และมีส่วนที่เหลือใช้จากการเพาะปลูกที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการให้ความร้อน เช่น ชังข้าวโพดนำมาเผาเป็นถ่านอัดแท่ง ผสมอาหารสัตว์ และทำปุ๋ย เป็นต้น	
เทคโนโลยี	กักเก็บไอน้ำ	
ข้อดีข้อเสีย	ข้อดีคือ ใช้เป็นเชื้อเพลิงผลิตพลังงานความร้อน ทดแทนการใช้ น้ำมันเตาได้ในหม้อไอน้ำ	ข้อเสียคือ มีค่าความชื้นค่อนข้างสูง และค่าพลังงานความร้อนค่อนข้างต่ำ โดยส่วนใหญ่จะใช้ส่วนของชังข้าวโพดมาใช้ประโยชน์ได้เท่านั้น

ตารางที่ 3.8
พืชชีวมวลประเภทไม้ยูคาลิปตัส

ชนิดชีวมวล	ไม้ยูคาลิปตัส	
ภาพ	ภาพที่ 3.7 ไม้ยูคาลิปตัสที่นำมาใช้เป็นเชื้อเพลิง 	
รายละเอียด	ไม้ยูคาลิปตัสใช้ประโยชน์ได้หลายอย่างเช่น ใบใช้กลั่นน้ำมัน ดอกใช้เลี้ยงผึ้ง เนื้อไม้ใช้ทำฟืน และเป็นวัตถุดิบสำคัญในการผลิตกระดาษพื้นที่ปลูกส่วนใหญ่อยู่ในภาคอีสานและภาคตะวันออก ที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปีเนื่องจากความต้องการของกระดาษเพิ่มขึ้น เศษวัสดุเหลือใช้จะเป็นเปลือกไม้ยูคาลิปตัส ถูกนำมาเป็นเชื้อเพลิงในกระบวนการผลิต และน้ำมันยางดำซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการผลิตกระดาษ นำมาเป็นเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมันเตา	
เทคโนโลยี	กักเก็บไอน้ำ	
ข้อดีข้อเสีย	ข้อดีคือ ใช้ประโยชน์ได้ทุกส่วนของต้นไม้ยูคาลิปตัส โดยส่วนที่สามารถนำมาใช้ในการใช้พลังงานความร้อน คือส่วนของน้ำมันยาง (จากการผลิตกระดาษ) เปลือกไม้ใช้ในการเผาไหม้	ข้อเสียคือ มีค่าความชื้นค่อนข้างสูง และค่าพลังงานความร้อนค่อนข้างต่ำ โดยส่วนใหญ่จะใช้ส่วนของเปลือกไม้ และน้ำมันยางมาใช้ประโยชน์ได้เท่านั้น

ตารางที่ 3.9 (ต่อ)

ประเภทชีวมวลที่มีการผลิตและจำหน่ายไฟฟ้าแล้วในประเทศไทย

จังหวัด	ปริมาณกำลังการผลิตไฟฟ้าสูงสุด (เมกะวัตต์)								
	ปาล์ม	กากช้อย	แกลบ	ฟาง	มัน ลำปะหลัง	ขุย มะพร้าว	ซัง ข้าวโพด	เศษไม้	เชื้อเพลิง ผสม
บุรีรัมย์	-	8.00	32.00	-	-	-	-	18.75	16.00
ปทุมธานี	-	-	-	-	-	-	-	13.50	-
ประจวบคีรีขันธ์	3.00	3.00	-	-	-	5.00	-	8.00	-
ปราจีนบุรี	-	-	-	-	-	-	8.00	-	-
อยุธยา	-	-	8.00	1.00	-	-	-	-	-
พะเยา	-	-	-	-	-	-	-	-	7.80
พิจิตร	-	-	14.05	-	-	-	-	-	5.40
พิษณุโลก	-	5.00	-	-	-	-	-	-	-
เพชรบูรณ์	-	-	-	-	-	-	-	35.60	-
แพร่	-	-	16.00	-	-	-	-	-	-
มหาสารคาม	-	6.00	-	-	-	-	-	-	-
มุกดาหาร	-	16.00	-	-	-	-	-	-	-
ยโสธร	-	-	8.00	-	-	-	-	-	-
ร้อยเอ็ด	-	-	28.00	-	-	-	-	5.25	-
ระนอง	-	-	-	-	-	-	-	-	1.00
ระยอง	-	-	-	-	-	-	-	5.25	-
ราชบุรี	-	9.80	-	0.30	4.80	-	-	-	-
ลพบุรี	-	8.00	-	-	6.00	-	-	11.75	8.00
ลำพูน	-	-	-	-	-	-	-	8.00	-
ศรีสะเกษ	-	-	-	-	-	-	-	2.50	-
สกลนคร	-	-	-	-	-	-	-	5.25	-
สระแก้ว	8.00	8.00	8.00	-	-	-	-	1.50	-
สระบุรี	-	8.00	-	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ 3.9 (ต่อ)

ประเภทชีวมวลที่มีการผลิตและจำหน่ายไฟฟ้าแล้วในประเทศไทย

จังหวัด	ปริมาณกำลังการผลิตไฟฟ้าสูงสุด (เมกะวัตต์)								
	ปาล์ม	กากช้อย	แกลบ	ฟาง	มัน สำปะหลัง	ขุย มะพร้าว	ซัง ข้าวโพด	เศษไม้	เชื้อเพลิง ผสม
สิงห์บุรี	-	4.00	-	-	-	-	-	-	-
สุโขทัย	-	8.00	-	-	-	-	-	10.50	-
สุพรรณบุรี	-	-	54.50	-	-	-	-	-	-
สุราษฎร์ธานี	14.40	-	-	-	-	-	-	-	-
สุรินทร์	-	8.00	10.30	-	-	-	-	16.75	8.00
หนองบัวลำภู	-	16.00	-	-	-	-	-	-	-
อ่างทอง	-	-	8.00	-	-	-	-	-	-
อุดรธานี	-	12.00	-	-	-	-	-	8.00	8.00
อุตรดิตถ์	-	3.00	8.00	-	-	-	-	-	-
อุทัยธานี	-	4.00	8.00	-	4.00	-	-	-	-
อุบลราชธานี	-	-	15.00	-	-	-	-	8.00	8.00
รวม	90.80	217.80	422.45	2.90	17.60	5.15	9.94	158.60	105.20

ที่มา : การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

การแปลงพลังงานที่ถูกเก็บสะสมไว้ในชีวมวลออกมาใช้งานนั้น สามารถทำได้หลายวิธีและให้ผลลัพธ์เป็นพลังงานในรูปแบบต่างๆ เช่น พลังงานความร้อน เชื้อเพลิง ในสถานะต่างๆ ทั้งแก๊สของเหลว และเชื้อเพลิงแข็ง วิธีการดังกล่าวนี้สามารถแบ่งเป็น การเผาไหม้โดยตรง (Direct Combustion) , การเผาไหม้แบบฟลูอิดไดซ์เบด (Fluidized Bed) , ขบวนการแปรสภาพเป็นแก๊ส (Gasification) , การย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะไร้อากาศ (Anaerobic Digestion) และขบวนการไฮโดรไลซิส (Hydrolysis)

สำหรับแนวทางการส่งเสริมพลังงานชีวมวลและแก๊สชีวมวลถึงแม้ว่าประเทศไทยจะมีศักยภาพในการผลิตพลังงานจากชีวมวลมาก แต่ที่ผ่านมามีโครงการที่นำชีวมวลผลิตเป็นพลังงานอย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพอยู่ไม่มากนัก เนื่องจากการส่งเสริมและสนับสนุนโครงการพัฒนาชีวมวลไม่มีความชัดเจนและไม่ต่อเนื่อง กฎระเบียบที่เกี่ยวข้องปฏิบัติตามได้ยาก ทำให้ผู้เกี่ยวข้องในทุกภาคส่วน เช่น นักลงทุน สถาบันการเงิน การไฟฟ้า องค์กรเอกชนอิสระ และชาวบ้านขาดความมั่นใจในการพัฒนาโครงการพลังงานชีวมวล

เพื่อให้ประเทศไทยสามารถพัฒนาพลังงานจากชีวมวลได้อย่างสมบูรณ์แบบและเต็มตามศักยภาพ ทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้องควรจะร่วมมือกันอย่างจริงจังในด้านต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นการเพิ่มปริมาณและการจัดสรรชีวมวลอย่างเป็นรูปแบบ , การสนับสนุนทางการเงิน , การปรับปรุงกฎระเบียบให้เหมาะสม และการพัฒนาบุคลากร เพื่อให้ประเทศไทยได้มีการใช้พลังงานจากชีวมวลได้อย่างมีประสิทธิภาพ

บทที่ 4

วิธีการวิจัยและผลการทดลอง

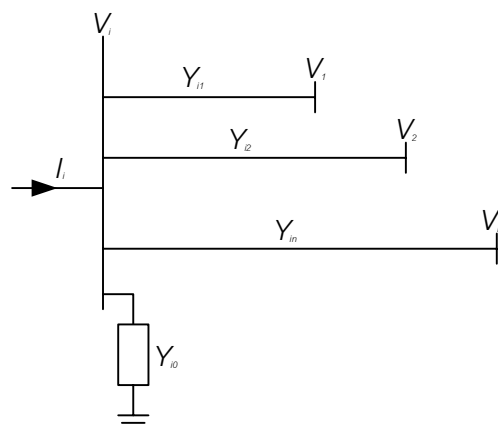
งานวิจัยนี้จะศึกษาการหาตำแหน่งที่เหมาะสมของการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวล โดยพิจารณาจำนวน ขนาด และตำแหน่งของการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลลงในระบบแบบจำลองไฟฟ้ากำลัง 30 บัส และ 118 บัส ของ IEEE โดยต้องการหาตำแหน่งของการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลที่ทำให้เกิดกำลังไฟฟ้าสูญเสียรวมของในระบบมีค่าน้อยที่สุด

4.1 การคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้า

ในการพิจารณากำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบจำหน่ายเมื่อทำการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลเข้ากับระบบไฟฟ้ากำลัง สามารถคำนวณกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่เกิดขึ้นหลังจากการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลโดย พิจารณานิตบัสของระบบไฟฟ้ากำลังดังภาพที่ 4.1 เพื่อคำนวณในรูปแบบของ Y_{bus} จากกฎของกระแสไฟฟ้า Kirchoff Current Law สามารถเขียนได้ในสมการที่ 4-1 และสมการที่ 4-2

ภาพที่ 4.1

วงไฟฟ้ากำลังในรูปแบบของ Y_{bus}



$$I_i = Y_{i0} V_i + Y_{i1} (V_i - V_1) + Y_{i2} (V_i - V_2) + \dots + Y_{in} (V_i - V_n) \quad (4-1)$$

$$= (Y_{i0} + Y_{i1} + Y_{i2} + \dots + Y_{in}) V_i - Y_{i1} V_1 - Y_{i2} V_2 - \dots - Y_{in} V_n \quad (4-2)$$

หรือ

$$I_i = V_i \sum_{j=0}^n Y_{ij} - \sum_{j=1}^n Y_{ij} V_j \quad j \neq i \quad (4-3)$$

ค่ากำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้าเสมือนที่บัส i คำนวณได้ในสมการที่ 4-3 และสมการที่ 4-4

$$P_i + jQ_i = V_i I_i^* \quad (4-4)$$

หรือ

$$I_i = \frac{P_i - jQ_i}{V_i^*} \quad (4-5)$$

แทนค่า I_i ในสมการที่ 4-3 ได้

$$\frac{P_i - jQ_i}{V_i^*} = V_i \sum_{j=0}^n Y_{ij} - \sum_{j=1}^n Y_{ij} V_j \quad j \neq i \quad (4-6)$$

ในการแก้ไขปัญหาค่าไหลของกำลังไฟฟ้าที่ไม่เป็นสมการเส้นตรงสามารถแก้ไขได้หลายวิธีโดยงานวิจัยนี้จะนำเสนอวิธีของนิวตัน - ราฟสันในการแก้ปัญหาค่าไหลของกำลังไฟฟ้า จากสมการที่ 4-2 สามารถเขียนเป็นสมการที่อยู่ในรูปของเมทริกซ์ดังสมการที่ 4-7

$$I_i = \sum_{j=1}^n Y_{ij} V_j \quad (4-7)$$

จากสมการจะได้

$$I_i = \sum_{j=1}^n |Y_{ij}| |V_j| \angle \theta_{ij} + \delta_j \quad (4-8)$$

แทนค่า I_i จากสมการที่ 4-8 ในสมการที่ 4-3 จะได้

$$P_i - jQ_i = |V_i| \angle -\delta_i \sum_{j=1}^n |Y_{ij}| |V_j| \angle \theta_{ij} + \delta_j \quad (4-9)$$

4.2 ฟังก์ชันวัตถุประสงค์

ในการหาตำแหน่งที่เหมาะสมของโรงไฟฟ้าชีวมวล มีวัตถุประสงค์เพื่อให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียมีค่าต่ำที่สุด ตามสมการที่ 4-10 ภายใต้เงื่อนไขตามสมการ 4-11 ถึง 4-17 ดังนี้

$$\text{Minimize } P_{\text{Loss}} = \sum_{i=1}^N P_{Gi} - \sum_{i=1}^N P_{Di} \quad (4-10)$$

เงื่อนไขสมการ

$$P_i = \sum_{j=1}^n |V_i| |V_j| Y_{ij} \cos(\theta_{ij} - \delta_{ij}) \quad (4-11)$$

$$Q_i = - \sum_{j=1}^n |V_i| |V_j| Y_{ij} \sin(\theta_{ij} - \delta_{ij}) \quad (4-12)$$

$$P_{Gi, \min} \leq P_{Gi} \leq P_{Gi, \max}, \forall i \in NG \quad (4-13)$$

$$Q_{Gi, \min} \leq Q_{Gi} \leq Q_{Gi, \max}, \forall i \in NG \quad (4-14)$$

$$|S_i| \leq S_{i, \max}, \forall i \in N_l \quad (4-15)$$

$$V_{i, \min} \leq V_i \leq V_{i, \max}, \forall i \in N \quad (4-16)$$

$$G_{\max} = 10 \text{ MW} \quad (4-17)$$

เมื่อ

P_i	คือ	กำลังไฟฟ้าจริงที่บัส i
Q_i	คือ	กำลังไฟฟ้าเสมือนที่บัส i
I_i	คือ	กระแสที่ไหลผ่านระบบไฟฟ้ากำลังที่บัส i
$ V_i $	คือ	ขนาดแรงดันไฟฟ้าที่บัส i
$ V_j $	คือ	ขนาดแรงดันไฟฟ้าที่บัส j
Y_{ij}	คือ	ขนาดขององค์ประกอบที่ ij ใน Y_{bus}
θ_{ij}	คือ	ขนาดมุมขององค์ประกอบที่ ij ใน Y_{bus}
δ_i	คือ	มุมที่แตกต่างของแรงดันระหว่างบัส i และบัส j
δ_j	คือ	มุมที่แตกต่างของแรงดันระหว่างบัส i และบัส j
P_L	คือ	กำลังไฟฟ้าสูญเสีย
P_{Gi}	คือ	กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้
P_{Di}	คือ	กำลังไฟฟ้าที่ต้องการใช้งาน
P_{Gi}	คือ	กำลังไฟฟ้าจริงที่ผลิตจากบัส i
Q_{Gi}	คือ	กำลังไฟฟ้าเสมือนที่ผลิตจากบัส i
NG	คือ	เซตของดัชนีโรงไฟฟ้า
SI_i	คือ	กำลังไฟฟ้าปรากฏที่ไหลในสายส่งที่ i
N_i	คือ	เซตของดัชนีสายส่ง
V_i	คือ	ขนาดแรงดันไฟฟ้าที่บัส i
N	คือ	เซตของดัชนีระบบบัส
G_{max}	คือ	กำลังการผลิตสูงสุดของโรงไฟฟ้าชีวมวล

4.3 ขั้นตอนการใช้ข้อมูลช่วยในการค้นหาตำแหน่งที่เหมาะสม

ขั้นตอนการประมวลผลการหาตำแหน่งที่เหมาะสมของการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวล ด้วยวิธีตามสามารถสรุปอธิบายได้ดังภาพที่ 4.2

ขั้นตอนที่ 1 ทำการสุ่มคำตอบเริ่มต้น และเก็บค่าดังกล่าวไว้ที่ คำตอบปัจจุบันกับคำตอบที่ดีที่สุด

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดรายการตามให้เป็นเซตว่าง , ดัชนีจำนวนรอบ (k) ให้เป็น 1 และกำหนดค่าเกณฑ์ปรารภนา ด้วยค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของคำตอบที่ดีที่สุด

ขั้นตอนที่ 3 ทำการสุ่มคำตอบใกล้เคียง (neighborhood solution) จากคำตอบปัจจุบันจำนวน M คำตอบ แล้วคำนวณฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของคำตอบใกล้เคียงทั้งหมด จากนั้นเก็บไว้ในเซตของคำตอบใกล้เคียงตามลำดับของค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์

ขั้นตอนที่ 4 กำหนดดัชนีคำตอบใกล้เคียง (k_n) ให้เป็น 1

ขั้นตอนที่ 5 ถ้าค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของคำตอบใกล้เคียงตำแหน่ง k_n ดีกว่าคำตอบที่ดีที่สุด ให้ทำการเก็บค่าคำตอบใกล้เคียงนั้น ที่ตำแหน่งที่ดีที่สุด

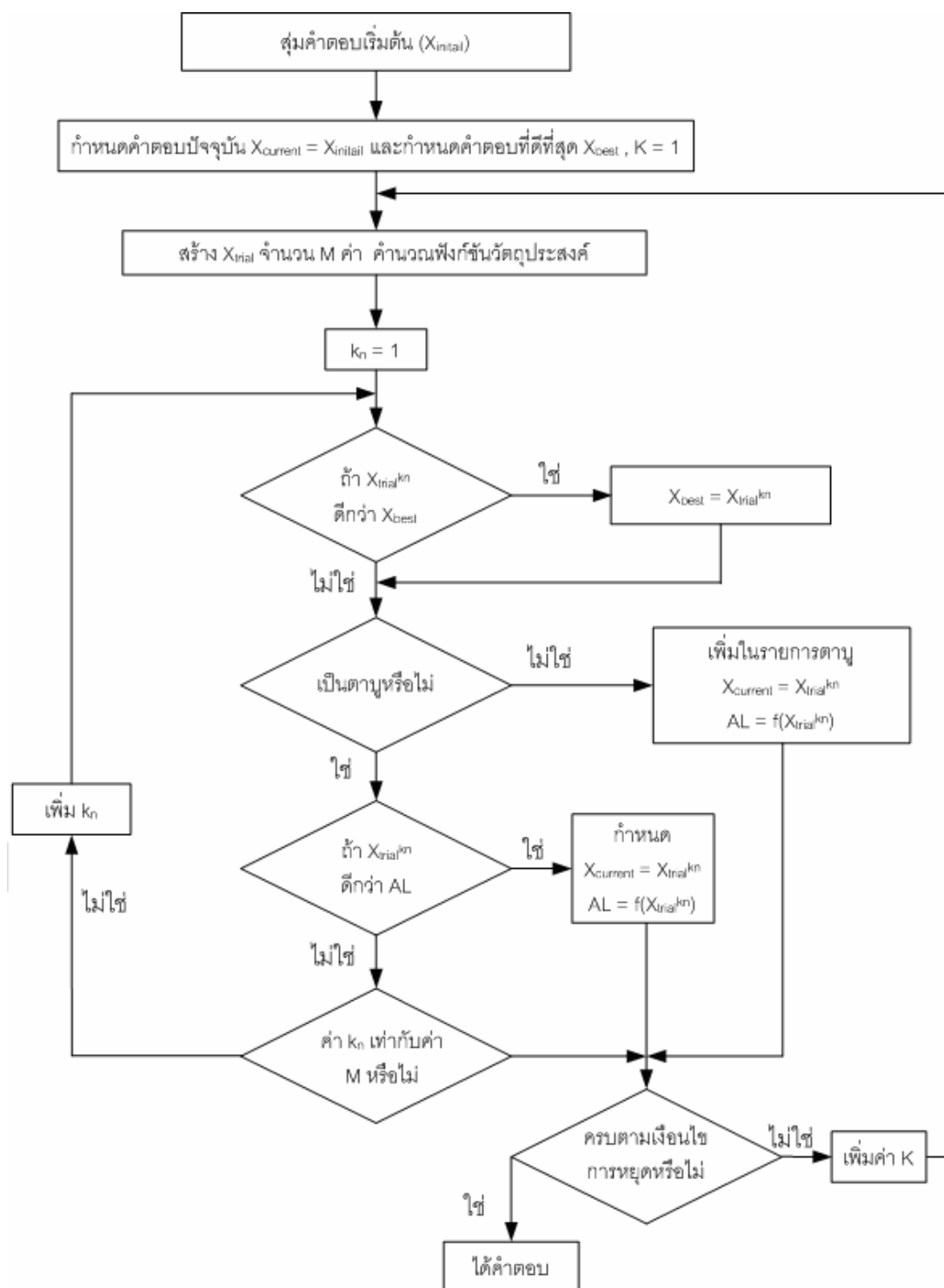
ขั้นตอนที่ 6 ทำการตรวจสอบ คำตอบที่ใกล้เคียงตำแหน่งที่ k_n กับคำตอบในรายการตาม ถ้าไม่พบให้เพิ่มในรายการตาม โดยลักษณะการเข้าก่อนออกก่อน จากนั้นกำหนดให้เป็นคำตอบปัจจุบันของรอบถัดไป ($k+1$) และไปที่ขั้นตอนที่ 9 พร้อมกำหนดค่าเกณฑ์ปรารภนา ด้วยค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของคำตอบใกล้เคียงดังกล่าว

ขั้นตอนที่ 7 ทำการตรวจสอบค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของคำตอบใกล้เคียงตำแหน่ง k_n ถ้าดีกว่าค่าเกณฑ์ปรารภนา ให้ทำการปรับปรุงค่าเกณฑ์ปรารภนาด้วยค่าดังกล่าว แล้วกำหนดให้คำตอบใกล้เคียงเป็นคำตอบปัจจุบันของรอบถัดไป ($k+1$) จากนั้นไปที่ขั้นตอนที่ 9

ขั้นตอนที่ 8 ตรวจสอบตำแหน่งของ k_n ถ้าครบจำนวนที่กำหนดให้ไปที่ขั้นตอนที่ 9 ไม่เช่นนั้น ให้เพิ่ม k_n ขึ้น 1 แล้วกลับไปขั้นตอนที่ 5

ขั้นตอนที่ 9 ตรวจสอบ k ถ้าครบจำนวนที่กำหนด ให้หยุดการทำงาน ไม่เช่นนั้นให้เพิ่ม k ขึ้น 1 แล้วกลับไปขั้นตอนที่ 3

ภาพที่ 4.2
ผังการทำงานของวิธีการค้นหาแบบตาบอด



4.4 ผลการทดสอบการค้นหาเฉพาะถิ่นกับการค้นหาแบบตาม

การคำนวณแบบการค้นหาเฉพาะถิ่นเป็นหลักการหาค่าที่ได้คำตอบถูกต้องและได้ค่าเดิมทุกครั้งที่ทำกรคำนวณ ส่วนการค้นหาแบบตาม เป็นวิธีการสุ่มหาคำตอบ สำหรับปัญหาขนาดใหญ่ ถ้าใช้การค้นหาเฉพาะถิ่นอาจใช้เวลาเป็นวันๆ ถึงจะได้คำตอบ แต่ถ้าใช้วิธีตามอาจใช้เวลาแค่ 1 ชั่วโมงก็ได้คำตอบ แต่จะมีข้อเสียคือคำตอบที่ได้อาจไม่ใช่คำตอบที่ดีที่สุดแต่เป็นคำตอบที่มีค่าใกล้เคียงคำตอบที่ดีที่สุด และการคำนวณแต่ละครั้งอาจได้คำตอบแตกต่างกันไป

ตัวอย่างการค้นหาเฉพาะถิ่น 30 บัส โดยมีการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลจำนวน 1 โรง จะต้องคำนวณทั้งหมด 30 ครั้งเพื่อหาทุกๆ คำตอบ ถ้าทำการติดตั้งจำนวน 2 โรง ก็จะต้องคำนวณทั้งหมด 435 ครั้ง และถ้าทำการติดตั้งจำนวน 3 โรง ก็จะต้องคำนวณทั้งหมด 4,060 ครั้ง จะพบว่าถ้าปัญหามากขึ้นต้องใช้เวลาในการคำนวณมาก

แต่ถ้าเป็นการคำนวณแบบตาม อาจสุ่ม 20 ครั้งแล้วได้คำตอบ (สำหรับ 1 โรง) หรือ 100 ครั้งแล้วเจอคำตอบ (สำหรับ 2 โรง) ดังนั้นจึงอาจใช้เวลาคำนวณไม่นานเหมือนการค้นหาเฉพาะถิ่น ดังตารางที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าการค้นหาเฉพาะถิ่นใช้เวลา 25.8370 วินาที (คำนวณ 435 ครั้ง)

ตารางที่ 4.1

ผลการค้นหาเฉพาะถิ่น โดยติดตั้งโรงไฟฟ้าจำนวน 2 โรง ในระบบ 30 บัส

การค้นหาตำแหน่งที่เหมาะสมด้วยวิธีการค้นหาเฉพาะถิ่น

ระบบ 30 บัส ของ IEEE

ตำแหน่งที่ 1 (บัส)	ตำแหน่งที่ 2 (บัส)	ขนาดติดตั้ง (เมกะวัตต์)	กำลังไฟฟ้า สูญเสีย (เมกะวัตต์)	กำลังไฟฟ้าที่ ลดลง (%)	เวลาในการ ค้นหา (วินาที)
19	20	10	3.48	27.04	25.8370

แต่ถ้าเป็นการค้นหาแบบตามูจะพบว่าช่วงเวลาที่ทำการค้นหาอยู่ในช่วงเวลาที่เร็วที่สุดที่ 9.8240 วินาที แต่ทำการทดสอบหลายๆ ครั้ง ดังนั้นเวลาเฉลี่ยของการค้นหาแบบตามูจะใช้เวลา 13.7538 วินาที ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2

ผลการค้นหาแบบตามูโดยติดตั้งโรงไฟฟ้าจำนวน 2 โรง ในระบบ 30 บัส

การค้นหาตำแหน่งที่เหมาะสมด้วยวิธีการค้นหาด้วยวิธีตามู

ระบบ 30 บัส ของ IEEE

ตำแหน่งที่ 1 (บัส)	ตำแหน่งที่ 2 (บัส)	ขนาดติดตั้ง (เมกะวัตต์)	กำลังไฟฟ้า สูญเสีย (เมกะวัตต์)	กำลังไฟฟ้าที่ ลดลง (%)	เวลาในการ ค้นหาเฉลี่ย (วินาที)
19	20	10	3.48	27.04	13.7538

ดังนั้นสำหรับงานวิจัยนี้จึงใช้วิธีการค้นหาแบบตามูในการค้นหาจำนวน และตำแหน่งที่เหมาะสมของการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลในระบบ 30 บัส และ 118 บัส ของ IEEE สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3

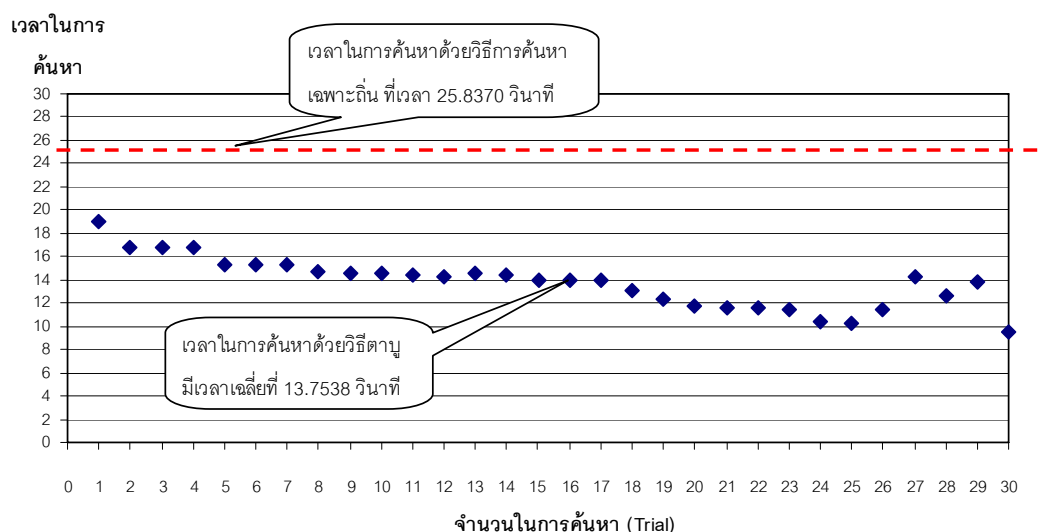
ผลการค้นหาแบบตามูเทียบกับการค้นหาเฉพาะถิ่น โดยติดตั้งโรงไฟฟ้าจำนวน 2 โรง
ในระบบ 30 บัส

วิธีการค้นหา	จำนวนโรงไฟฟ้าที่ ติดตั้ง	ขนาดโรงไฟฟ้า รวม	เวลาที่ใช้ในการ ค้นหาเฉลี่ย	เวลาที่ใช้ในการ ค้นหาที่ลดลง
	(โรง)	(เมกะวัตต์)	(วินาที)	(%)
การค้นหาเฉพาะถิ่น	2	20	25.8370	-
การค้นหาแบบตามู	2	20	13.7538	46.77

จากตารางทำการทดสอบเวลาในการค้นหาตำแหน่งที่เหมาะสมในการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวล โดยทำการเปรียบเทียบการค้นหาด้วยวิธีการค้นหาแบบตามากับวิธีการค้นหาแบบเฉพาะถิ่น ซึ่งผลที่ได้จากการค้นหาของวิธีการค้นหาตามจำนวน 30 ครั้งในการค้นหา ปรากฏว่ามีเวลาสูงสุดในการค้นหาที่ 18.9406 วินาที มีเวลาในการค้นหาต่ำสุดที่ 9.5680 วินาที คิดเป็นเวลาเฉลี่ยของการค้นหาที่ 13.7538 วินาที โดยผลที่ได้จากการค้นหาทั้งหมดได้คำตอบของการค้นหาที่เหมือนกันคือ ตำแหน่งที่เหมาะสมในการติดตั้งอยู่ที่ตำแหน่งบัสที่ 19 และ 20 โดยมีค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ 3.48 เมกะวัตต์ ซึ่งสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 4.3

ภาพที่ 4.3

แสดงการเปรียบเทียบเวลาในการค้นหาตำแหน่งการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวล



4.5 ขั้นตอนและวิธีการทดสอบการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวล

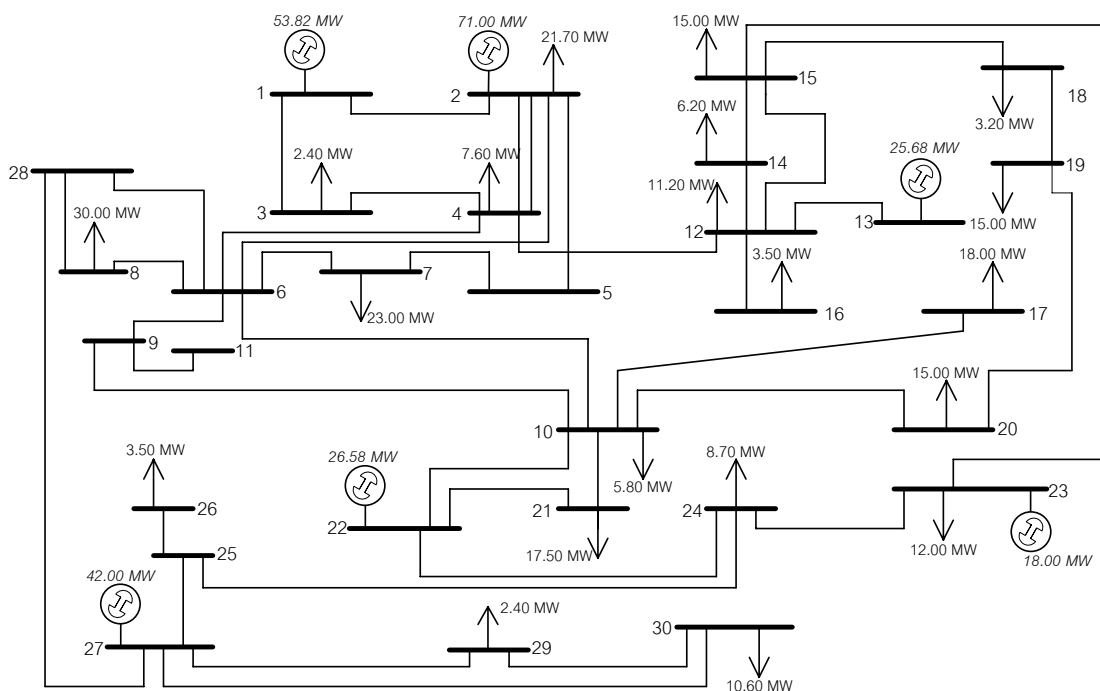
ในการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลของผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก มีการกำหนดกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้สูงสุดที่ 10 เมกะวัตต์ และมีการติดตั้งจำนวนของโรงไฟฟ้าที่ตำแหน่งต่างในระบบที่แตกต่างออกไป เพื่อหาตำแหน่งที่เหมาะสมในการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวล โดยมีขั้นตอนการทดสอบของการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลในระบบไฟฟ้ากำลัง 30 บัส และระบบ 118 บัส ของ IEEE ดังนี้

1. ทดลองระบบไฟฟ้ากำลัง โดยไม่มีการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลในระบบขณะที่ให้กำลังไฟฟ้าของโหลดคงที่ เพื่อศึกษาลักษณะของกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่เกิดขึ้นของระบบ ซึ่งจะนำมาเปรียบเทียบผลของการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลของผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก
2. ทดลองติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาด 10 เมกะวัตต์ 1 โรง ที่ตำแหน่งบัสด่างๆ ของระบบไฟฟ้ากำลังในขณะที่ให้กำลังไฟฟ้าของโหลดคงที่ เพื่อศึกษาลักษณะของกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่เกิดขึ้นของระบบ
3. ทดลองติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาด 10 เมกะวัตต์ 2 โรง ที่ตำแหน่งบัสด่างๆ ของระบบไฟฟ้ากำลังในขณะที่ให้กำลังไฟฟ้าของโหลดคงที่ เพื่อศึกษาลักษณะของกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่เกิดขึ้นของระบบ และนำผลที่ได้มาขยายผลสำหรับการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลเพิ่มขึ้น
4. ทดลองติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาด 10 เมกะวัตต์ 3 โรง ที่ตำแหน่งบัสด่างๆ ของระบบไฟฟ้ากำลังในขณะที่ให้กำลังไฟฟ้าของโหลดคงที่ เพื่อศึกษาลักษณะของกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่เกิดขึ้นของระบบ และนำผลที่ได้มาขยายผลสำหรับการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลเพิ่มขึ้น
5. ทดลองติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาด 10 เมกะวัตต์ 4 โรง ที่ตำแหน่งบัสด่างๆ ของระบบไฟฟ้ากำลังในขณะที่ให้กำลังไฟฟ้าของโหลดคงที่ เพื่อศึกษาลักษณะของกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่เกิดขึ้นของระบบ
6. นำผลของค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบมาวิเคราะห์ผลที่ได้ของการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลที่ขนาด และตำแหน่งต่างๆ ที่มีค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบน้อยที่สุด เพื่อนำมาพิจารณาการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลของระบบ

4.6 แบบจำลองระบบไฟฟ้ากำลัง 30 บัส ของ IEEE

ทำการศึกษาแบบจำลองระบบไฟฟ้ากำลัง 30 บัส ของ IEEE ถูกเลือกเพื่อทำการศึกษาซึ่งประกอบด้วยโรงไฟฟ้า (Generator) ในระบบจำนวน 6 โรง โดยมีขนาดของกำลังไฟฟ้าส่งจ่ายที่ 237.10 เมกะวัตต์ มีขนาดภาระทางไฟฟ้าที่ 232.30 เมกะวัตต์ ซึ่งสามารถหาค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียของแบบจำลองระบบไฟฟ้า 30 บัส ของ IEEE เท่ากับ 4.77 เมกะวัตต์ ดังแสดงในภาพที่ 4.4 ข้อมูลระบบและค่าต่างๆ ในแบบจำลองระบบไฟฟ้ากำลังที่ใช้ในการวิเคราะห์กำลังไฟฟ้าสูญเสียแสดงในภาคผนวก ข.

ภาพที่ 4.4
แบบจำลองระบบไฟฟ้ากำลัง 30 บัส ของ IEEE



4.6.1 ผลการทดสอบแบบจำลองไฟฟ้ากำลัง 30 บัส ของ IEEE

จากการทดสอบการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลที่มีขนาด 10 เมกะวัตต์ จำนวน 1 โรง จากการประมวลผลของการค้นหาด้วยวิธีการค้นหาแบบตามพบว่า เมื่อมีการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลที่ตำแหน่งบัสที่ 19 ซึ่งเมื่อเทียบกับก่อนทำการติดตั้งทำให้มีกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบลดลงจาก 4.77 เมกะวัตต์ เป็น 4.04 เมกะวัตต์ หรือคิดเป็น 15.30 % ของกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ลดลงจากเดิม

ผลที่ได้จากการค้นหากำลังไฟฟ้าสูญเสียจากการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลจำนวน 1 โรง สามารถแสดงได้ในตารางที่ 4.4 ซึ่งปรากฏว่ามีค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียเฉลี่ย 4.47 เมกะวัตต์ และมีกำลังไฟฟ้าสูญเสียสูงสุดที่ 4.81 เมกะวัตต์ หากทำการติดตั้งที่ตำแหน่งบัสที่ 1 และ บัสที่ 27 ผลที่เกิดจากการค้นหาค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียของทุกตำแหน่งของการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลสามารถแสดงได้ในภาพที่ 4.5

ตารางที่ 4.4

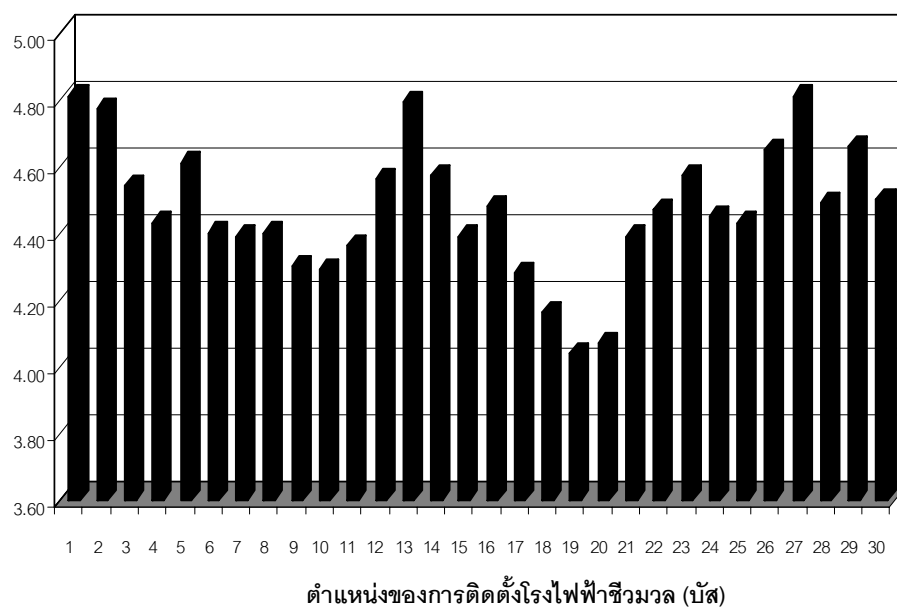
สรุปผลของการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลจำนวน 1 โรง ของระบบ 30 บัส ของ IEEE

การติดตั้ง โรงไฟฟ้า	กำลังไฟฟ้าสูญเสีย (เมกะวัตต์)	ตำแหน่งการติดตั้ง โรงไฟฟ้าชีวมวล (บัส)	กำลังไฟฟ้าที่ลดลง (%)
ก่อนทำการติดตั้ง	4.77	-	-
ค่าที่น้อยที่สุด	4.04	19	15.30
ค่าที่มากที่สุด	4.81	1 และ 27	- 0.83
ค่าเฉลี่ย	4.47	-	6.29

ภาพที่ 4.5

แสดงกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่เกิดขึ้นในบัสต่างๆ ของการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลจำนวน 1 โรง ของระบบ 30 บัส ของ IEEE

กำลังไฟฟ้าสูญเสีย
(เมกะวัตต์)



จากนั้นทำการค้นหาตำแหน่งที่เหมาะสมของการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลในระบบ โดยมีจำนวนของโรงไฟฟ้า 2 โรง ขนาดรวม 20 เมกะวัตต์ 2 ตำแหน่ง โดยผลที่ได้จากการประมวลผลของตามูปราภฏว่ามีกำลังไฟฟ้าสูญเสียต่ำที่สุดที่ 3.48 เมกะวัตต์ โดยมีการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลที่ตำแหน่งบัสที่ 19 และ 20 ซึ่งเมื่อเทียบกับก่อนทำการติดตั้งทำให้มีกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบลดลงจากการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลจำนวน 1 โรงจาก 4.04 เมกะวัตต์ เป็น 3.48 เมกะวัตต์ ของกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ลดลงจากเดิม

ผลที่ได้จากการค้นหากำลังไฟฟ้าสูญเสียจากการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลจำนวน 2 โรง สามารถแสดงได้ในตารางที่ 4.5 ซึ่งปรากฏว่ามีกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ต่ำที่สุดที่ตำแหน่งบัสที่ 19 กับบัสที่ 20 มีค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสีย 3.48 เมกะวัตต์ โดยมีค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียเฉลี่ย 4.22 เมกะวัตต์ และมีกำลังไฟฟ้าสูญเสียสูงสุดที่ 4.83 เมกะวัตต์ หากทำการติดตั้งที่ตำแหน่งบัสที่ 2 กับบัสที่ 27 ผลที่เกิดจากการค้นหาค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียของทุกตำแหน่งของการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลสามารถแสดงได้ในภาพที่ 4.6

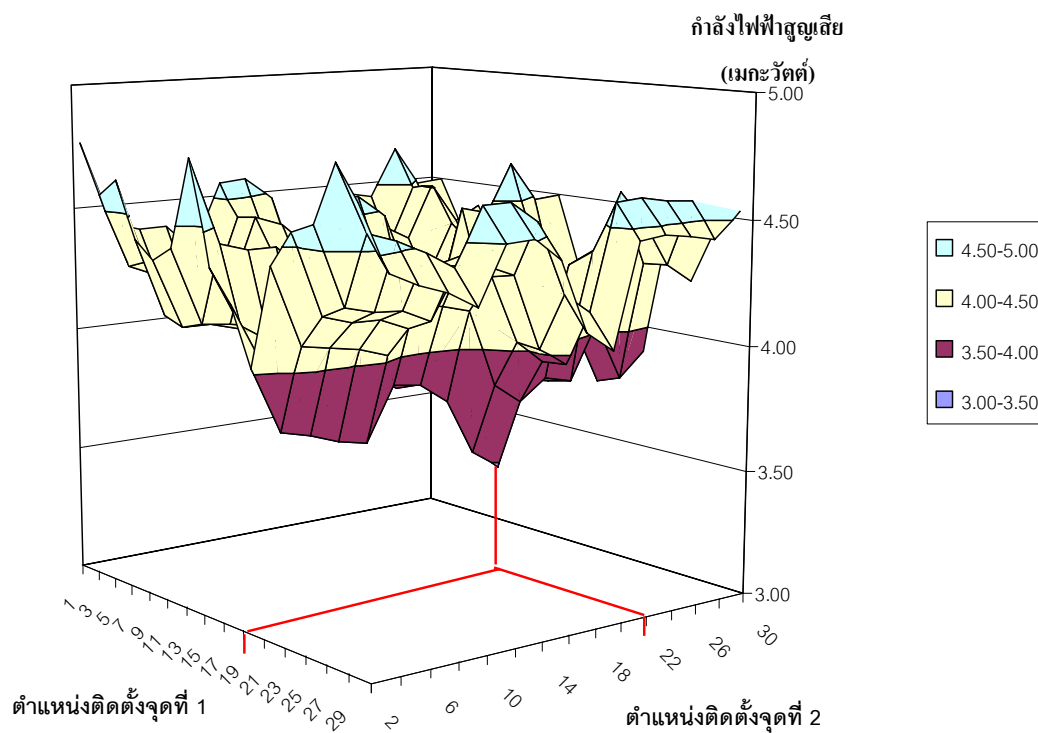
ตารางที่ 4.5

สรุปผลของการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลจำนวน 2 โรง ของระบบ 30 บัส ของ IEEE

การติดตั้ง โรงไฟฟ้า	กำลังไฟฟ้าสูญเสีย (เมกะวัตต์)	ตำแหน่งการติดตั้ง โรงไฟฟ้าชีวมวล (บัส)	กำลังไฟฟ้าที่ลดลง (%)
ก่อนทำการติดตั้ง	4.77	-	-
ค่าที่น้อยที่สุด	3.48	19, 20	27.04
ค่าที่มากที่สุด	4.83	2, 27	-1.24
ค่าเฉลี่ย	4.22	-	11.53

ภาพที่ 4.6

แสดงกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่เกิดขึ้นในบัสต่างๆ จากการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลจำนวน 2 โรง ของระบบ 30 บัส ของ IEEE



จากนั้นทำการค้นหาตำแหน่งที่เหมาะสมของการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลในระบบ โดยมีจำนวนของโรงไฟฟ้า 3 โรง และ 4 โรง ตามลำดับ โดยผลที่ได้จากการทดสอบการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลดังแสดงในตารางที่ 4.6 โดยผลที่ได้นั้นแสดงให้เห็นว่า หากมีการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลเพิ่มมากขึ้นจะทำให้มีค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียภาลลดลง

ตารางที่ 4.6

สรุปผลของการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลจำนวน 3 และ 4 โรง ของระบบ 30 บัส ของ IEEE

การติดตั้งโรงไฟฟ้า	กำลังไฟฟ้าสูญเสีย (เมกะวัตต์)	ตำแหน่งการติดตั้ง โรงไฟฟ้าชีวมวล (บัส)	กำลังไฟฟ้าที่ลดลง (%)
โรงไฟฟ้า 3 โรง			
ก่อนทำการติดตั้ง	4.77	-	-
ค่าที่น้อยที่สุด	3.12	17, 19 และ 20	34.59
ค่าเฉลี่ย	3.31	-	30.61
โรงไฟฟ้า 4 โรง			
ก่อนทำการติดตั้ง	4.77	-	-
ค่าที่น้อยที่สุด	2.83	7, 17, 19 และ 20	40.67
ค่าเฉลี่ย	2.99	-	37.32

ผลจากการทดสอบการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลที่มีจำนวนโรงไฟฟ้า 3 โรง ขนาดรวม 30 เมกะวัตต์ 3 ตำแหน่ง โดยที่ทำการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลลงในตำแหน่งบัสที่ 17, 19 และ 20 ผลที่ได้จากการประมวลผลของตามูปราภาว่า มีกำลังไฟฟ้าสูญเสียต่ำที่สุดที่ 3.12 เมกะวัตต์ เมื่อทำการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลลงในตำแหน่งบัสที่ 7, 17, 19 และ 20 โดยมีจำนวนของโรงไฟฟ้า 4 โรง ขนาดรวม 40 เมกะวัตต์ 4 ตำแหน่ง โดยผลที่ได้จากการประมวลผลของตามูปราภาว่า มีกำลังไฟฟ้าสูญเสียเกิดขึ้นภายในระบบต่ำที่สุดที่ 2.83 เมกะวัตต์ ซึ่งเมื่อเทียบกับก่อนทำการติดตั้ง ทำให้มีกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบลดลงจาก 4.77 เมกะวัตต์ เป็น 2.83 เมกะวัตต์ สรุปผลของการทดสอบการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลจำนวน 1, 2, 3 และ 4 โรง สามารถสรุปผลได้ในตารางที่ 4.7 ซึ่งจะเห็นได้ว่า หากมีการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลจำนวนมากขึ้น จะส่งผลให้ลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบไฟฟ้ากำลังได้

ตารางที่ 4.7

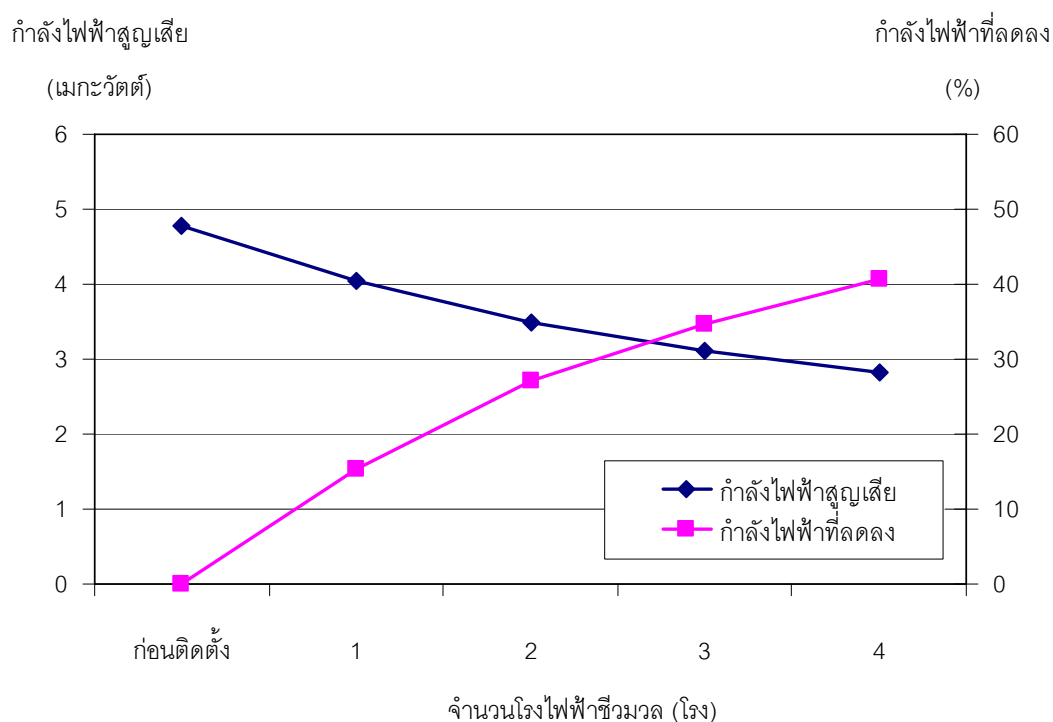
ผลจากการค้นหาค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ต่ำที่สุดในการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลของระบบ
30 บัสของ IEEE

จำนวน โรงไฟฟ้า (โรง)	กำลังไฟฟ้า สูญเสีย (เมกะวัตต์)	ตำแหน่ง การติดตั้ง (บัส)	กำลังไฟฟ้า ที่ลดลง (%)
ก่อนติดตั้ง	4.77	-	-
1	4.04	19	15.30
2	3.48	19-20	27.04
3	3.12	17-19-20	34.59
4	2.83	7-17-19-20	40.67

จากตารางสรุปผลที่ได้จากการค้นหาตำแหน่งของการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลด้วยวิธีการตาม ซึ่งสามารถหาตำแหน่งที่เหมาะสมของการค้นหาด้วยเวลาประมวลผลที่รวดเร็วในการตัดสินใจติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลในระบบไฟฟ้ากำลัง ซึ่งผลที่ได้จากการทดสอบระบบ 30 บัส ของ IEEE คือ เมื่อทำการติดตั้งโรงไฟฟ้าจำนวน 1 โรง ที่ตำแหน่งบัสที่ 19 จะทำให้เกิดกำลังไฟฟ้าสูญเสียลดลงจาก 4.77 เมกะวัตต์ เป็น 4.04 เมกะวัตต์ ซึ่งสามารถลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบลงได้ถึง 15.30 % และถ้าหากมีการติดตั้งโรงไฟฟ้าเพิ่ม โดยพิจารณาในตำแหน่งที่เหมาะสมก็จะสามารถลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียลงได้อีกจากเป็น 3.48, 3.12 และ 2.83 เมกะวัตต์ จากการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลจำนวน 2, 3 และ 4 โรง ตามลำดับ ซึ่งแสดงได้ในภาพที่ 4.7

ภาพที่ 4.7

แสดงค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียเทียบกับกำลังไฟฟ้าที่ลดลงของการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลบน
แบบจำลอง 30 บัส ของ IEEE

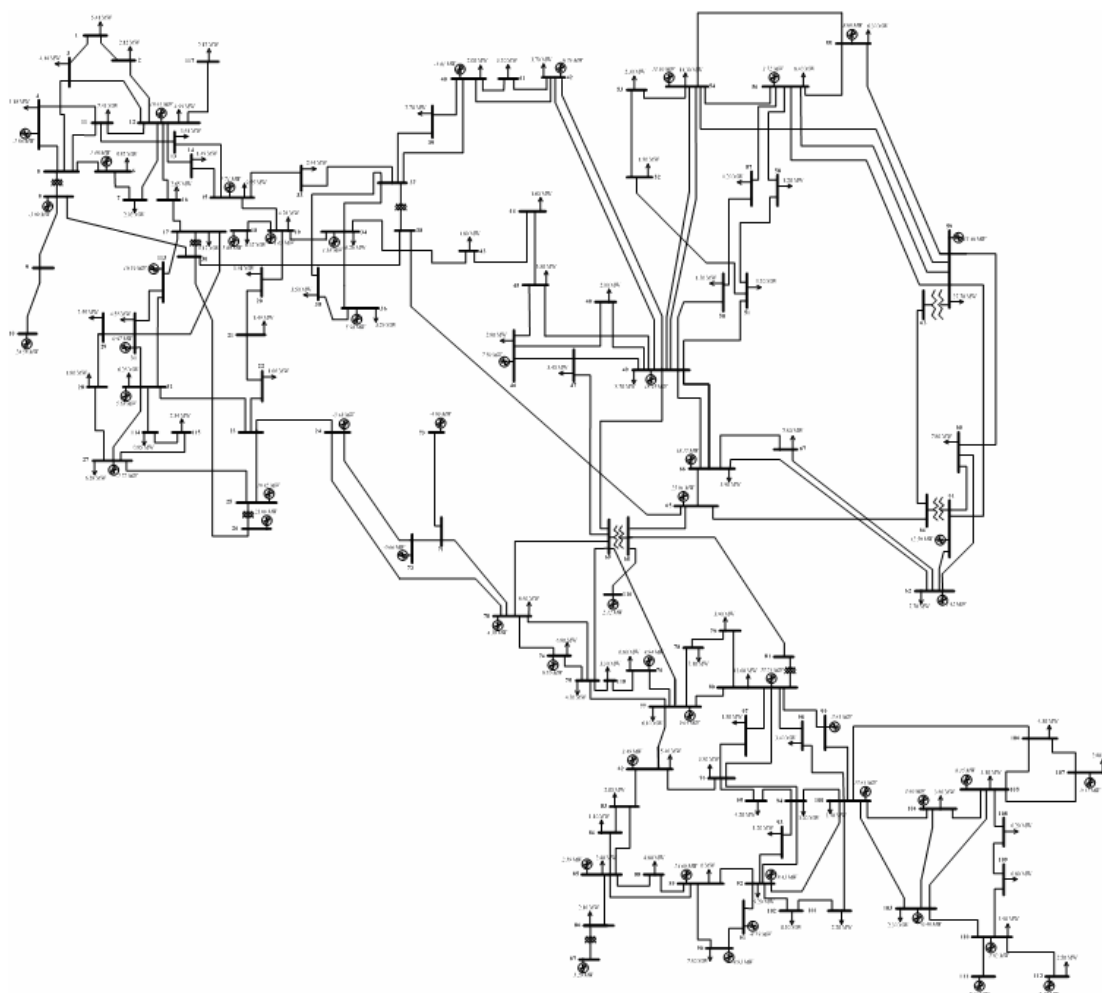


4.7 แบบจำลองระบบไฟฟ้ากำลัง 118 บัส ของ IEEE

ทำการศึกษาระบบจำลองระบบไฟฟ้ากำลัง 118 บัส ของ IEEE ที่ประกอบด้วยระบบผลิตกำลังไฟฟ้าในระบบจำนวน 54 โดยมีขนาดของกำลังไฟฟ้าส่งจ่ายรวมที่ 385.48 เมกะวัตต์, 332.10 เมกะวาร์ และมีภาระทางไฟฟ้ารวมที่ 379.30 เมกะวัตต์, 148.60 เมกะวาร์ โดยมีการกำหนดแรงดันไฟฟ้าควบคุมภายในระบบ ดังแสดงในภาพที่ 4.8 สำหรับข้อมูลระบบและค่าต่างๆ ในแบบจำลองระบบไฟฟ้ากำลังที่ใช้ในการวิเคราะห์กำลังไฟฟ้าสูญเสียแสดงได้ที่ภาคผนวก ข.

ภาพที่ 4.8

แบบจำลองระบบไฟฟ้ากำลัง 118 บัส ของ IEEE



4.7.1 ผลการทดสอบแบบจำลองไฟฟ้ากำลัง 118 บัส ของ IEEE

จากขั้นตอนการประมวลผลการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวล โดยทำการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวล ขนาด 10 เมกะวัตต์ เพื่อประมวลผลหาค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียของในระบบในแต่ละตำแหน่ง และจำนวนโรงไฟฟ้า 1, 2, 3 และ 4 โรง ตามลำดับ

จากผลที่ได้จากการประมวลผลของตามูปราภพว่า เมื่อมีการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวล ขนาด 10 เมกะวัตต์ จำนวน 1 โรง มีกำลังไฟฟ้าสูญเสียเกิดขึ้นของระบบต่ำที่สุดที่ 9.59 เมกะวัตต์ โดยมีการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลที่ตำแหน่งบัสที่ 54 ซึ่งเมื่อเทียบกับก่อนทำการติดตั้งทำให้มี

กำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบลดลงจาก 12.18 เมกะวัตต์ เป็น 9.59 เมกะวัตต์ หรือคิดเป็น 21.26 % ของกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ลดลงจากเดิม และมีกำลังไฟฟ้าสูญเสียสูงสุดที่ 15.06 เมกะวัตต์ โดยติดตั้งที่ตำแหน่งบัสที่ 77 ดังแสดงได้ในตารางที่ 4.8 และแสดงผลที่ได้ของค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบ 118 บัส ดังแสดงในภาพที่ 4.9

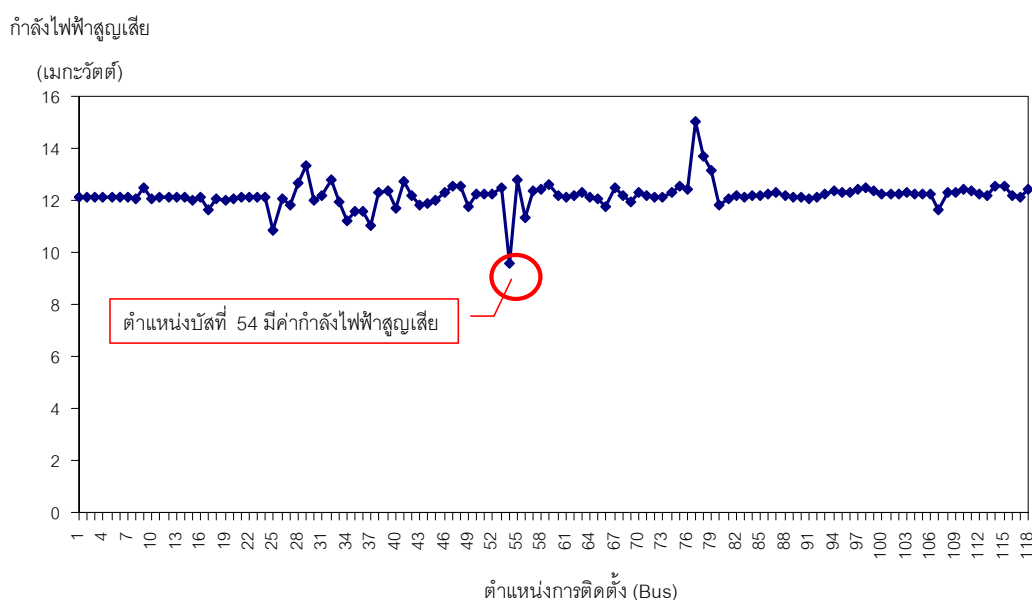
ตารางที่ 4.8

สรุปผลของการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลจำนวน 1 โรง ของระบบ 118 บัส ของ IEEE

การติดตั้ง โรงไฟฟ้า	กำลังไฟฟ้าสูญเสีย (เมกะวัตต์)	ตำแหน่งการติดตั้ง โรงไฟฟ้าชีวมวล (บัส)	กำลังไฟฟ้าที่ลดลง (%)
ก่อนทำการติดตั้ง	12.18	-	-
ค่าที่น้อยที่สุด	9.59	54	21.26
ค่าที่มากที่สุด	15.06	77	-18.78
ค่าเฉลี่ย	12.19	-	-0.08

ภาพที่ 4.9

แสดงกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่เกิดขึ้นในบัสต่างๆ จากการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวล 1 โรง
ของระบบ 118 บัส ของ IEEE



จากนั้นผลที่ได้จากการประมวลผลของตามูโดยมีการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลจำนวน 2 โรง ขนาดโรงละ 10 เมกะวัตต์ ปรากฏว่า มีกำลังไฟฟ้าสูญเสียเกิดขึ้นภายในระบบต่ำที่สุดที่ 8.27 เมกะวัตต์ โดยมีการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลที่ตำแหน่งบัสที่ 25 และ 54 ซึ่งเมื่อเทียบกับก่อนทำการติดตั้งทำให้มีกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบลดลงจาก 12.18 เมกะวัตต์ เป็น 8.27 เมกะวัตต์ หรือคิดเป็น 32.10 % ของกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ลดลงจากเดิม และมีกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่มากที่สุดที่ 16.26 เมกะวัตต์ โดยทำการติดตั้งที่ตำแหน่งบัสที่ 29 และ 77 ดังแสดงในตารางที่ 4.9 แสดงผลของการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลจำนวน 2 โรง ของระบบ 118 บัส ของ IEEE

ตารางที่ 4.9

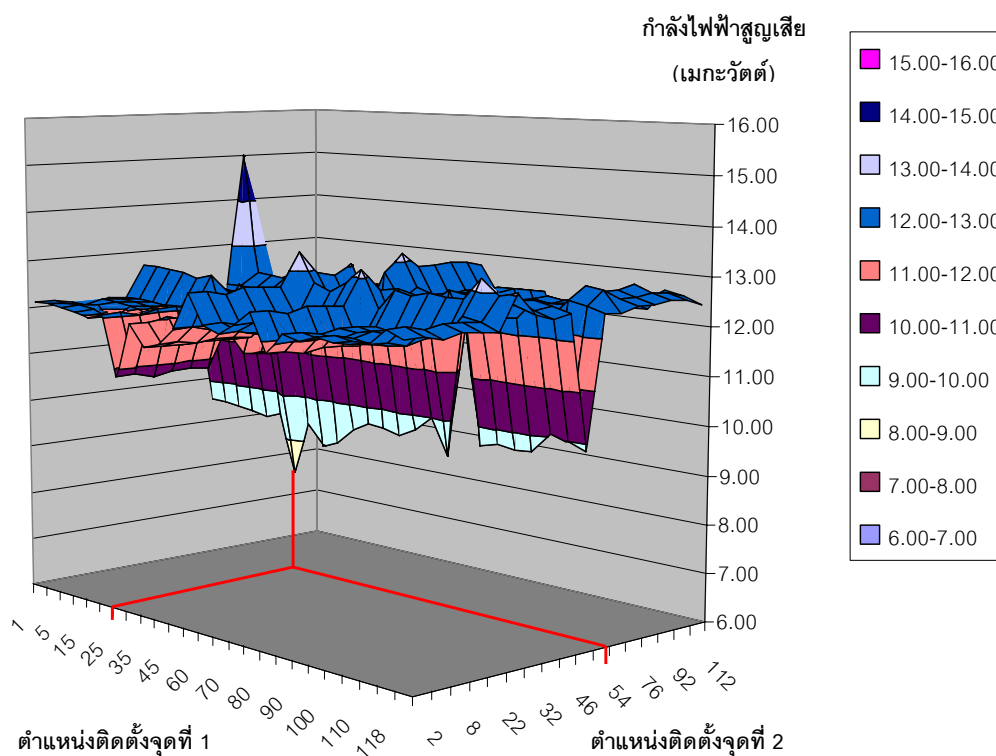
สรุปผลของการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลจำนวน 2 โรง ของระบบ 118 บัส ของ IEEE

การติดตั้ง โรงไฟฟ้า	กำลังไฟฟ้าสูญเสีย (เมกะวัตต์)	ตำแหน่งการติดตั้ง โรงไฟฟ้าชีวมวล (บัส)	กำลังไฟฟ้าสูญเสีย (%)
ก่อนทำการติดตั้ง	12.18	-	-
ค่าที่น้อยที่สุด	8.27	25, 54	32.10
ค่าที่มากที่สุด	16.26	29, 77	-25.09
ค่าเฉลี่ย	12.23	-	-0.41

จากผลการค้นหาตำแหน่งที่เหมาะสมของการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลจำนวน 2 โรง ซึ่งผลที่ได้จากการทดสอบการติดตั้งสามารถแสดงได้ในภาพที่ 4.10 ซึ่งจากภาพแสดงให้เห็นว่าตำแหน่งที่เหมาะสมที่ทำให้เกิดกำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบน้อยที่สุดคือตำแหน่งบัสที่ 25 กับบัสที่ 54 ของระบบกำลังไฟฟ้า 118 บัส ของ IEEE

ภาพที่ 4.10

แสดงกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่เกิดขึ้นในบัสต่างๆ จากการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลจำนวน 2 โรง ของระบบ 118 บัส ของ IEEE



จากนั้นทำการค้นหาตำแหน่งที่เหมาะสมของการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลในระบบ โดยมีจำนวนของโรงไฟฟ้า 3 โรง และ 4 โรง ตามลำดับ โดยผลที่ได้จากการทดสอบการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลแสดงได้ในตารางที่ 4.10 โดยผลที่ได้นั้นแสดงให้เห็นว่า หากมีการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลเพิ่มมากขึ้นจะทำให้มีค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบจะลดลง

ตารางที่ 4.10

สรุปผลของการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลจำนวน 3 และ 4 โรง ของระบบ 118 บัส

การติดตั้งโรงไฟฟ้า	กำลังไฟฟ้าสูญเสีย (เมกะวัตต์)	ตำแหน่งการติดตั้ง โรงไฟฟ้าชีวมวล (บัส)	กำลังไฟฟ้าที่ลดลง (%)
โรงไฟฟ้า 3 โรง			
ก่อนทำการติดตั้ง	12.18	-	-
ค่าที่น้อยที่สุด	7.16	25, 37 และ 54	41.22
ค่าเฉลี่ย	16.89	29, 32 และ 77	-27.88
โรงไฟฟ้า 4 โรง			
ก่อนทำการติดตั้ง	12.18	-	-
ค่าที่น้อยที่สุด	6.63	25, 37, 54 และ 107	45.57
ค่าเฉลี่ย	17.51	29, 32, 55 และ 77	-30.44

จากผลการทดสอบการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลที่จำนวน 1, 2, 3 และ 4 โรง โดยแต่ละโรงไฟฟ้ามีขนาดกำลังผลิตสูงสุดที่ 10 เมกะวัตต์ ซึ่งสามารถสรุปได้ในตารางที่ 4.11 และจากทดสอบแสดงให้เห็นว่า การติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลจำนวนที่มากขึ้นจะส่งผลให้เกิดกำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบลดลง เมื่อมีการพิจารณาการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลที่เหมาะสม แต่ถ้าหากมีการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลของระบบไม่เหมาะสม จะทำให้เกิดกำลังไฟฟ้าสูญเสียภายในของระบบสูงขึ้น และอาจเป็นการลงทุนที่ไม่คุ้มค่าในการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวล เมื่อไม่มีการพิจารณาในตำแหน่งที่ตั้งที่เหมาะสม

ตารางที่ 4.11

ผลจากการค้นหาค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ต่ำที่สุดในการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลของระบบ

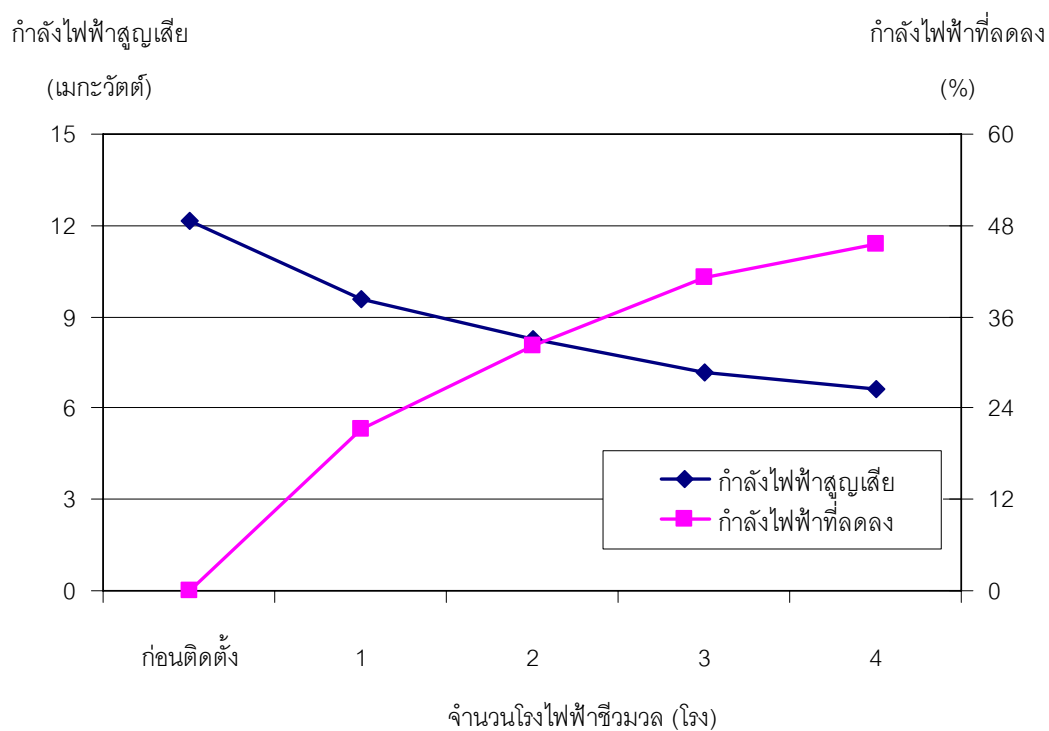
118 บัส ของ IEEE

จำนวน โรงไฟฟ้า	กำลังไฟฟ้า สูญเสีย	ตำแหน่ง การติดตั้ง	กำลังไฟฟ้า ที่ลดลง
(โรง)	(เมกะวัตต์)	(บัส)	(%)
ก่อนติดตั้ง	12.18	-	-
1	9.59	54	21.26
2	8.27	25-54	32.10
3	7.16	25-37-54	41.22
4	6.63	25-37-54-107	45.57

จากตารางสรุปผลที่ได้จากการค้นหาตำแหน่งของการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลด้วยวิธีการตาม ซึ่งสามารถหาตำแหน่งที่เหมาะสมของการค้นหาด้วยเวลาที่สั้น และเร็วต่อการตัดสินใจในการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลในระบบไฟฟ้ากำลัง ซึ่งผลที่ได้จากการทดสอบระบบ 118 บัส ของ IEEE คือ เมื่อทำการติดตั้งโรงไฟฟ้าจำนวน 1 โรง ที่ตำแหน่งบัสที่ 19 จะทำให้เกิดกำลังไฟฟ้าสูญเสียลดลงจาก 12.18 เมกะวัตต์ เป็น 9.59 เมกะวัตต์ ซึ่งสามารถลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบลงได้ถึง 21.26 % และถ้าหากมีการติดตั้งโรงไฟฟ้าเพิ่ม โดยพิจารณาในตำแหน่งที่เหมาะสมก็จะสามารถลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียลงได้อีกจาก 12.18 เมกะวัตต์ เป็น 8.27, 7.16 และ 6.63 เมกะวัตต์ จากการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลจำนวน 2, 3 และ 4 โรง ตามลำดับ สามารถแสดงการเปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียกับกำลังไฟฟ้าที่ลดลงได้ในภาพที่ 4.11 ซึ่งเมื่อเทียบกับระบบ 30 บัส จะเห็นได้ว่าระบบทั้งสองมีความต้องการกำลังไฟฟ้าที่ใกล้เคียงกัน แต่ระบบ 118 บัส มีความระบบที่ซับซ้อนมากกว่า จึงทำให้มีกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่เกิดขึ้นภายในระบบมากกว่า ดังนั้นหากมีการพิจารณาติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวล หรือโรงไฟฟ้าพลังงานทดแทนอื่นๆ ในระบบจะสามารถช่วยลดกำลังไฟฟ้าได้มากกว่า หากเป็นระบบที่ใช้จริงในเมืองไทย ก็จะช่วยลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบมากขึ้นตามไปด้วย

ภาพที่ 4.11

แสดงค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียเทียบกับกำลังไฟฟ้าที่ลดลงของการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลบน
แบบจำลอง 118 บัส ของ IEEE



บทที่ 5

สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลงานวิจัย

จากการพิจารณาการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลด้วยการค้นหาแบบตามู สามารถช่วยลดเวลาในการประมวลผลสำหรับพิจารณาการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลลงในระบบไฟฟ้ากำลังบนระบบไฟฟ้ากำลัง 30 บัส และ 118 บัส ของ IEEE เพื่อเป็นแนวทางในการขยายผลของการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลจริงภายในประเทศ โดยทำการพิจารณาถึงวัตถุประสงค์หลักของงานวิจัยนี้คือการค้นหาตำแหน่งของการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลลงในระบบไฟฟ้ากำลังในตำแหน่งที่เหมาะสมเพื่อลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียให้ต่ำที่สุด ซึ่งผลการทดสอบที่ได้นั้นเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ โดยทำการทดสอบด้วยการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลลงในระบบไฟฟ้ากำลัง และทำการเปรียบเทียบกับก่อนทำการติดตั้ง ซึ่งผลที่ได้เป็นดังนี้

โดยการค้นหาแบบตามูนั้นมีความเร็วในการค้นหามากกว่าการค้นหาเฉพาะถิ่นอยู่มากถึง 46.77 % ของการค้นหา ซึ่งผลการทดสอบที่ได้จากการค้นหาด้วยวิธีตามูในแบบจำลองไฟฟ้ากำลัง 30 บัส ของ IEEE ก่อนทำการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลมีค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสีย 4.77 เมกะวัตต์ เมื่อทำการติดตั้งโรงไฟฟ้าจำนวน 1 โรง ที่ตำแหน่งบัสที่ 19 จะทำให้เกิดกำลังไฟฟ้าสูญเสียลดลงเป็น 4.04 เมกะวัตต์ ซึ่งสามารถลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบลงได้ถึง 15.30 % และถ้าหากมีการติดตั้งโรงไฟฟ้าเพิ่ม โดยพิจารณาในตำแหน่งที่เหมาะสมก็จะสามารถลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียลงได้เป็น 3.48, 3.12 และ 2.83 เมกะวัตต์ จากการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลจำนวน 2, 3 และ 4 โรง ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่า เมื่อมีการติดตั้งจำนวนโรงไฟฟ้าเพิ่มขึ้น จะส่งผลให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียของในระบบไฟฟ้ากำลังมีค่าลดลง กล่าวคือเป็นการกระจายของการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าให้ครอบคลุมทุกส่วนของระบบไฟฟ้ากำลัง

สำหรับแบบจำลองไฟฟ้ากำลัง 118 บัส ของ IEEE ก็ทำการทดสอบในลักษณะเดียวกับระบบ 30 บัส ของ IEEE ก่อนทำการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวล ระบบมีกำลังไฟฟ้าสูญเสียเท่ากับ 12.18 เมกะวัตต์ และเมื่อทำการติดตั้งโรงไฟฟ้าจำนวน 1 โรง ที่ตำแหน่งบัสที่ 54 จะทำให้เกิดกำลังไฟฟ้าสูญเสียลดลงจาก 12.18 เมกะวัตต์ เป็น 9.59 เมกะวัตต์ ซึ่งสามารถลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบลงได้ถึง 21.26 % และถ้าหากมีการติดตั้งโรงไฟฟ้าเพิ่ม โดยพิจารณาในตำแหน่งที่เหมาะสมก็จะสามารถลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียลงเป็น 8.27, 7.16 และ 6.63 เมกะวัตต์ จากการ

ติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลจำนวน 2, 3 และ 4 โรง ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าหากมีการนำไปประยุกต์ใช้ในระบบไฟฟ้ากำลังจริงในประเทศไทย ก็จะสามารถหาตำแหน่งที่เหมาะสมในการติดตั้ง เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อการลงทุน และลดปัญหาสถานะเชื้อเพลิงราคาแพงที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน รวมถึงจะช่วยส่งเสริมการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลภายในประเทศให้มากขึ้น และเพื่อให้มีแหล่งพลังงานที่สามารถผลิตและใช้ได้เองภายในประเทศ รวมไปถึงช่วยสร้างรายได้ สร้างงานให้กับคนภายในประเทศ ซึ่งจะส่งผลต่อการพัฒนาประเทศและความยั่งยืนทางพลังงานในประเทศไทย

อย่างไรก็ตาม ในบางกรณีของการส่งจ่ายไฟฟ้า หากมีการติดตั้งโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก ผิดตำแหน่ง ก็จะมีส่งผลให้เกิดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบเพิ่มมากขึ้น ซึ่งสามารถควบคุมกำลังไฟฟ้าสูญเสียได้ คือ การเปลี่ยนแปลงสภาพการจ่ายไฟในระบบจำหน่าย แต่หากนำไปปฏิบัติ จำเป็นต้องคำนึงถึงผลกระทบด้านอื่นๆ ด้วย เช่น ความมั่นคงและความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า หากมีการเพิ่มจำนวนโหนดเพิ่มมากขึ้น จะทำให้เกิดเหตุการณ์กระแสไฟฟ้าขัดข้องจะส่งผลให้เกิดความเสียหายต่อผู้ใช้ไฟมากขึ้นตามไปด้วย โดยเฉพาะโรงงานอุตสาหกรรมที่ต้องมีการใช้ไฟฟ้าในกระบวนการผลิตสินค้าเป็นจำนวนมาก

5.2 ข้อเสนอแนะของงานวิจัย

สำหรับงานวิจัยนี้ยังเป็นการวิเคราะห์การติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวล โดยทำการพิจารณาในส่วนของการสูญเสียเท่านั้น แต่ในความเป็นจริง การพิจารณาการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลจะต้องพิจารณาในด้านเศรษฐศาสตร์ ด้านความมั่นคงและความเชื่อมั่นของระบบไฟฟ้ากำลังอีกด้วย กล่าวคือ จะต้องพิจารณาเงินลงทุนในการก่อสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวล พิจารณาค่าใช้จ่ายในการเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และพิจารณาเงินลงทุนในการขนส่งเชื้อเพลิงชีวมวล ควบคู่กันไปด้วย ซึ่งหากมีการพิจารณาทุกๆ ส่วนด้วยทั้งหมด ก็จะได้ตำแหน่งของการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลที่มีต้นทุนการผลิต การขนส่งเชื้อเพลิง ความเชื่อมั่นของระบบ และกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งจะส่งผลให้เกิดความคุ้มค่าในการลงทุนการก่อสร้างของโรงไฟฟ้าชีวมวลได้มากที่สุดด้วย

บรรณานุกรม

หนังสือ

- ชำนาญ ห่อเกียรติ. (2532) *การวิเคราะห์ระบบไฟฟ้ากำลัง*, กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- Hadi Saadat. (2004). *Power System Analysis*. McGraw-Hill, Inc. Singapore. 189-240
- Willis H.L. and Scott W.G. (2000). *Distributed power generation*, New York, Marcel Dekker

วิทยานิพนธ์

- กัสดาล สกุลพงษ์มาลี. (2544). *นโยบายด้านงานวิจัยพลังงานหมุนเวียน : วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต*, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, คณะพลังงานและวัสดุ, สาขาเทคโนโลยีการจัดการพลังงาน.
- วัฒนรัฐ อ่อนหยับ. (2551). *การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบจำหน่ายจากผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก : สารนิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต*, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, คณะวิศวกรรมศาสตร์, สาขาเทคโนโลยีการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม.

บทความ

- Nipon K. (2003). *Mini-Grid Application by Renewable Energy for Unelectrified Village in Thailand* : Naresuan University Journal, Thailand.
- Nisha S. (2005). *Renewable Biomass Energy* : IEEE Electric Power and Power Electronics Center Illinois Institute of Technology, USA
- Lamarre L. (1993). *The Vision of Distributed Generation* : EPRI Journal, pp. 7-17.
- Naresh A. , Pukar M. & Mithulananthan N. (2006). *An analytical approach for DG allocation in primary distribution network* : Electrical Power and Energy Systems International Journal 28 (2006) 669–678

บทความ

- Caisheng W. & Hashem Nehrir M. (2004). *Analytical Approaches for Optimal Placement of Distributed Generation Sources in Power Systems* : IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 19, No. 4, November
- Mithulananthan N. , Than O. & Le V.P. (2004). *Distributed Generator Placement in Power Distribution System Using Genetic Algorithm to Reduce Losses* : in Thammasat Int. J. Sc. Tech. Vol. 9, No. 3, July – September
- Bland J.A. & Dawson. G.P. (1991). *Tabu Search and Design Optimization*" Computer-aided design. Vol.23, No.3.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

สถานที่ติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลภายในประเทศไทย

ตารางที่ ก.1

สถานที่ติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวล

บริษัท/สถานที่ตั้งโรงไฟฟ้า	สถานที่ตั้งโรงไฟฟ้า	ประเภทเชื้อเพลิง	ประเภทโรงไฟฟ้า	ขนาด กำลังการผลิต (เมกะวัตต์)	กำลังไฟฟ้าสูงสุด ที่จะจ่ายเข้าระบบ (เมกะวัตต์)
บจก. ชารอฟ เอ็นเนอร์ยี่	อ.เขาพนม จ.กระบี่	กากปาล์ม	กังหันไอน้ำ	12.00	8.50
บจก.สหเรือง	อ.เมือง จ.มุกดาหาร	กากอ้อย	กังหันไอน้ำ	18.00	8.00
บจก.น้ำตาลนครบุรี	อ.นครบุรี จ.นครราชสีมา	กากอ้อย	กังหันไอน้ำ	23.00	6.00
บจก.น้ำตาลเกษตรผล	อ.กุมภวาปี จ.อุดรธานี	กากอ้อย	กังหันไอน้ำ	15.00	5.00
บจก. อุตสาหกรรมโคราช 1	อ.พิมาย จ.นครราชสีมา	กากอ้อย	กังหันไอน้ำ	15.00	8.00
บจก. อุตสาหกรรมน้ำตาลอีสาน	กิ่ง อ.สามชัย จ.กาฬสินธุ์	กากอ้อย	กังหันไอน้ำ	18.50	2.50
บจก. อุตสาหกรรมน้ำตาลกาญจนบุรี	อ.บ้านไร่ จ.อุทัยธานี	กากอ้อย	กังหันไอน้ำ	20.00	4.00
บจก. น้ำตาลนิวก้าวสุรินทร์	อ.พนัสนิคม จ.ชลบุรี	กากอ้อย	กังหันไอน้ำ	14.50	3.00
บจก. น้ำตาลระยอง	อ.บ่อทอง จ.ชลบุรี	กากอ้อย	กังหันไอน้ำ	18.00	6.00

ตารางที่ ก-1 (ต่อ)
สถานที่ติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวล

บริษัท/สถานที่ตั้งโรงไฟฟ้า	สถานที่ตั้งโรงไฟฟ้า	ประเภทเชื้อเพลิง	ประเภทโรงไฟฟ้า	ขนาด กำลังการผลิต (เมกะวัตต์)	กำลังไฟฟ้าสูงสุด ที่จะจ่ายเข้าระบบ (เมกะวัตต์)
บจก. น้ำตาลและอ้อยตะวันออก	อ.วัฒนานคร จ.สระแก้ว	กากอ้อย	กังหันไอน้ำ	22.00	8.00
บจก. อุตสาหกรรมมิตรเกษตร	อ.ท่ามะกา จ.กาญจนบุรี	กากอ้อย	กังหันไอน้ำ	20.50	5.00
บจก.ไทยอุตสาหกรรมน้ำตาล	อ.ท่ามะกา จ.กาญจนบุรี	กากอ้อย	กังหันไอน้ำ	19.00	6.00
บจก.อุตสาหกรรมน้ำตาลที่เอ็น	อ.ท่าหลวง จ.ลพบุรี	กากอ้อย	กังหันไอน้ำ	36.00	8.00
บจก.น้ำตาลบ้านโป่ง	อ.บ้านโป่ง จ.ราชบุรี	กากอ้อย	กังหันไอน้ำ	18.00	3.00
บจก. น้ำตาลบุรีรัมย์	อ.คูเมือง จ.บุรีรัมย์	กากอ้อย	กังหันไอน้ำ	14.80	8.00
บจก. น้ำตาลพิษณุโลก	อ.บางกระพุ่ม จ.พิษณุโลก	กากอ้อย	กังหันไอน้ำ	18.50	5.00
บจก. โรงงานน้ำตาลทรายขาวเริ่มอุดม	อ.หนองหาร จ.อุดรธานี	กากอ้อย	กังหันไอน้ำ	12.00	7.00
บจก.อุตสาหกรรมน้ำตาลปราณบุรี	อ.ปราณบุรี จ.ประจวบคีรีขันธ์	กากอ้อย	กังหันไอน้ำ	10.00	3.00
บ.ไฟฟ้าสุรินทร์	อ.ปราสาท จ.สุรินทร์	กากอ้อย	กังหันไอน้ำ	30.00	8.00
บจก.น้ำตาลท่ามะกา	อ.ท่ามะกา จ.กาญจนบุรี	กากอ้อย	กังหันไอน้ำ	13.00	3.00
บจก.โรงงานน้ำตาลนิวกูไทย	อ.ท่ามะกา จ.กาญจนบุรี	กากอ้อย	กังหันไอน้ำ	13.00	2.00

ตารางที่ ก-1 (ต่อ)
สถานที่ติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวล

บริษัท/สถานที่ตั้งโรงไฟฟ้า	สถานที่ตั้งโรงไฟฟ้า	ประเภทเชื้อเพลิง	ประเภทโรงไฟฟ้า	ขนาด กำลังการผลิต (เมกะวัตต์)	กำลังไฟฟ้าสูงสุด ที่จะจ่ายเข้าระบบ (เมกะวัตต์)
บ.อุตสาหกรรมโคราช(2)	อ.พิมาย จ.นครราชสีมา	กากอ้อย	กังหันไอน้ำ	15.00	8.00
บจก.น้ำตาลราชบุรี	อ.บ้านโป่ง จ.ราชบุรี	กากอ้อย	กังหันไอน้ำ	17.50	6.80
บจก.น้ำตาลสิงห์บุรี	อ.บางระจัน จ.สิงห์บุรี	กากอ้อย	กังหันไอน้ำ	12.00	4.00
บจก. มิตรภาพสินธุ์ (โครงการ 2)	อ. กุฉินารายณ์ จ.กาฬสินธุ์	กากอ้อย, แกลบ	กังหันไอน้ำ	10.00	8.00
บ. พลังงานเพื่อการอนุรักษ์และสิ่งแวดล้อม จก.	อ.วัดสิงห์ จ.ชัยนาท	แกลบ	การแปรสภาพเป็นแก๊ส	1.00	0.80
โรงสีไฟจิตรเสริมไทย	อ. ตะพานหิน จ.พิจิตร	แกลบ	กังหันไอน้ำ	1.00	0.85
โรงไฟฟ้า หสน. ธัญญกิจนครปฐม (2521)	อ. บางเลน จ. นครปฐม	แกลบ	กังหันไอน้ำ	0.63	0.50
บจก. บัวใหญ่ ไบโอ เพาเวอร์	อ. บัวใหญ่ จ.นครราชสีมา	แกลบ	กังหันไอน้ำ	7.50	6.70
บจก.อุททองไบโอแมส	อ.อุททอง จ.สุพรรณบุรี	แกลบ	กังหันไอน้ำ	7.50	6.50
บจก. ไทยเสรี เจนเนอเรติง	อ.คลองขลุง จ.พิจิตร	แกลบ	กังหันไอน้ำ	6.00	5.20
บจก. ก้าวหน้าเพาเวอร์ชีฟพลาย	อ.ลำโรง จ.อุบลราชธานี	แกลบ	กังหันไอน้ำ	9.90	7.50
บจก. บัวสมหมาย (โครงการ 1)	อ.เมือง จ.ร้อยเอ็ด	แกลบ	กังหันไอน้ำ	6.00	5.00

ตารางที่ ก-1 (ต่อ)
สถานที่ติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวล

บริษัท/สถานที่ตั้งโรงไฟฟ้า	สถานที่ตั้งโรงไฟฟ้า	ประเภทเชื้อเพลิง	ประเภทโรงไฟฟ้า	ขนาด กำลังการผลิต (เมกะวัตต์)	กำลังไฟฟ้าสูงสุด ที่จะจ่ายเข้าระบบ (เมกะวัตต์)
บจก.ศรีเจริญไบโอเพาเวอร์	อ.ประโคนชัย จ.บุรีรัมย์	แกลบ	กังหันไอน้ำ	9.90	8.00
บจก. แอ็ดวานซ์ ไบโอพาวเวอร์	อ.สตึก จ.บุรีรัมย์	แกลบ, เศษไม้	กังหันไอน้ำ	9.80	8.00
หจก. ผลิตไฟฟ้าชีวมวล	อ.ชนแดน จ.เพชรบูรณ์	ขี้เลื่อย	การแปรสภาพเป็นแก๊ส	0.60	0.60
บจก.ชูพรีม รีนิวเอเบิล เอ็นเนอร์ยี	อ.เวียงแก่น จ.เชียงราย	ซังข้าวโพด	กังหันไอน้ำ	0.16	0.14
บ. ปาล์มน้ำมันธรรมชาติ จก.	อ. พระแสง จ.สุราษฎร์ธานี	ทะลายปาล์ม	กังหันไอน้ำ	1.06	1.00
บ. เอ. เอส. ที. ปาล์ม ออยส์	อ. บางสะพานน้อย จ. ประจวบคีรีขันธ์	ทะลายปาล์ม	กังหันไอน้ำ	7.50	1.00
บ. ปาล์มน้ำมันธรรมชาติ จก. (ชุมพร)	อ. สวี จ.ชุมพร	ทะลายปาล์ม	กังหันไอน้ำ	2.40	2.40
น.ส. สุมิตรา เชียงฝูง	อ. ท่ามะกา จ. กาญจนบุรี	ฟาง	การแปรสภาพเป็นแก๊ส	0.16	0.16
หจก. ชู พาวเวอร์ แพลนท์	อ. บ้านโป่ง จ. ราชบุรี	ฟาง	กังหันไอน้ำ	0.48	0.30
หจก. อยุธยา วิเอสพีพี	อ.บางไทร จ.พระนครศรีอยุธยา	ฟาง	กังหันไอน้ำ	1.00	1.00
บจก.ภูเขียวไบโอ-เอ็นเนอร์ยี	อ.ภูเขียว จ.ชัยภูมิ	เศษวัสดุ	กังหันไอน้ำ	12.00	6.20

ตารางที่ ก-1 (ต่อ)
สถานที่ติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวล

บริษัท/สถานที่ตั้งโรงไฟฟ้า	สถานที่ตั้งโรงไฟฟ้า	ประเภทเชื้อเพลิง	ประเภทโรงไฟฟ้า	ขนาด กำลังการผลิต (เมกะวัตต์)	กำลังไฟฟ้าสูงสุด ที่จะจ่ายเข้าระบบ (เมกะวัตต์)
บจก. ศรีเจริญไบโอเพาเวอร์	อ.ประโคนชัย จ.บุรีรัมย์	แกลบ	กังหันไอน้ำ	9.90	8.00
บจก. ไทยทาโลว์เอนด์ออยล์	อ.พระแสง จ.สุราษฎร์ธานี	ทะลายปาล์ม	กังหันไอน้ำ	3.50	2.50
บจก. น้ำตาลเอราวัณ	อ.นาตาล จ.หนองบัวลำภู	กากอ้อย	กังหันไอน้ำ	15.00	8.00
บจก. บัวสมหมาย (โครงการ 2)	อ.สุวรรณภูมิ จ.ร้อยเอ็ด	แกลบ	กังหันไอน้ำ	9.80	8.00
บจก. บัวสมหมายผลิตไฟฟ้า	อ.เมือง จ.ร้อยเอ็ด	แกลบ	กังหันไอน้ำ	9.00	8.00
บจก. เคเอ็มไอ ชีวมวลพันธุ์	อ.คูเมือง จ.บุรีรัมย์	เปลือกไม้	กังหันไอน้ำ	6.00	5.50
บจก. ไชยชัยไบโอแมส	อ.ดอนมดแดง จ.อุบลราชธานี	เศษไม้	กังหันไอน้ำ	9.50	8.00
บจก. อุดรไบโอแมส	อ.เมือง จ.อุดรธานี	แกลบ , ไม้สับ	กังหันไอน้ำ	9.90	8.00
บจก. ไวต์ แอดวานซ์ (1)	อ.ศรีสำโรง จ.สุโขทัย	เศษไม้	กังหันไอน้ำ	6.00	5.25
บจก. ไวต์แอดวานซ์	อ.พรหมานิคม จ.สกลนคร	เศษไม้	กังหันไอน้ำ	6.00	5.25
บจก. ทีพีอุตสาหกรรมเหรียญชัย	อ.ทับสะแก จ.ประจวบคีรีขันธ์	ขุยมะพร้าว	กังหันไอน้ำ	6.00	5.00
บจก. ทวีปอเนันต์ (โครงการ1)	อ.ท่าแซะ จ.ชุมพร	ทะลายปาล์ม	กังหันไอน้ำ	9.50	8.00

ตารางที่ ก-1 (ต่อ)
สถานที่ติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวล

บริษัท/สถานที่ตั้งโรงไฟฟ้า	สถานที่ตั้งโรงไฟฟ้า	ประเภทเชื้อเพลิง	ประเภทโรงไฟฟ้า	ขนาด กำลังการผลิต (เมกะวัตต์)	กำลังไฟฟ้าสูงสุด ที่จะจ่ายเข้าระบบ (เมกะวัตต์)
บจก.เซียงราย ไบโอพาวเวอร์	อ.ป่าแดด จ.เซียงราย	แกลบ	กังหันไอน้ำ	9.90	8.00
บจก. เพาเวอร์ พรอสเพค	อ.ท่าเรือ จ.พระนครศรีอยุธยา	แกลบ	กังหันไอน้ำ	9.90	8.00
บจก. อ่างทองกรีนเพาเวอร์	อ.วิเศษชัยชาญ จ.อ่างทอง	แกลบ	กังหันไอน้ำ	9.90	8.00
บจก.ไวต์แอคควานซ์ (เพชรบูรณ์)	อ.เมือง จ.เพชรบูรณ์	ไม้โตเร็ว	กังหันไอน้ำ	6.00	5.25
บจก.พาวเวอร์กรีนแอคควานซ์	อ.บ้านกรวด จ.บุรีรัมย์	ไม้โตเร็ว	กังหันไอน้ำ	6.00	5.25
บจก.ไวต์แอคควานซ์ (ร้อยเอ็ด)	อ.เมือง จ.ร้อยเอ็ด	ไม้โตเร็ว	กังหันไอน้ำ	6.00	5.25
บจก.สหโคเจน คลีน	อ.กบินทร์บุรี จ.ปราจีนบุรี	ซังข้าวโพด	กังหันไอน้ำ	9.90	8.00
บจก. สุพรรณบุรี แอ็คควานซ์ เพาเวอร์	อ.คูทอง จ.สุพรรณบุรี	แกลบ	กังหันไอน้ำ	9.90	8.00
บจก. พี อาร์ ไบโอแมส	อ.เดิมบางนางบวช จ.สุพรรณบุรี	แกลบ	กังหันไอน้ำ	9.80	8.00
บจก. ทีอาร์ซี คลีน เอ็นเนอร์ยี	อ.เมือง จ.นครราชสีมา	แกลบ	กังหันไอน้ำ	9.90	8.00
บจก.ศรีแสงดาว ไบโอเพาเวอร์	อ.สุวรรณภูมิ จ.ร้อยเอ็ด	แกลบ	กังหันไอน้ำ	7.50	7.00
บจก.สหเรือง (โครงการ 2)	อ.เมือง จ.มุกดาหาร	กากอ้อย	กังหันไอน้ำ	15.00	8.00

ตารางที่ ก-1 (ต่อ)
สถานที่ติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวล

บริษัท/สถานที่ตั้งโรงไฟฟ้า	สถานที่ตั้งโรงไฟฟ้า	ประเภทเชื้อเพลิง	ประเภทโรงไฟฟ้า	ขนาด กำลังการผลิต (เมกะวัตต์)	กำลังไฟฟ้าสูงสุด ที่จะจ่ายเข้าระบบ (เมกะวัตต์)
บจก. ไทยโพลีวู้ดส์	อ.กาบขาว จ.สุรินทร์	เศษไม้	กังหันไอน้ำ	9.50	8.00
บจก.ตั้งกิมหลี่ ไบโอบีเอส	อ.ประโคนชัย จ.บุรีรัมย์	แกลบ	กังหันไอน้ำ	9.90	8.00
บจก.โรงไฟฟ้าพลังไอน้ำพิจิตร	อ.สากเหล็ก จ.พิจิตร	ซังข้าวโพด, แกลบ	กังหันไอน้ำ	6.00	5.40
บจก.น้ำตาลนครเพชร	อ.เมือง จ.กำแพงเพชร	กากอ้อย	กังหันไอน้ำ	22.00	5.00
บจก.แมสเอ็นเนอร์จี	อ.เมืองระนอง จ.ระนอง	เศษไม้, ปาล์ม	กังหันไอน้ำ	1.60	1.00
บจก.พาวเวอร์กรีนแอดวานซ์	อ.บ้านด่านลานหอย จ.สุโขทัย	ไม้โตเร็ว	กังหันไอน้ำ	6.00	5.25
บจก.สหอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม	อ.เหนือคลอง จ.กระบี่	ทะลายปาล์ม	กังหันไอน้ำ	4.05	1.00
บจก.ชัยเขต เอ็นเนอร์ยี	อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท	แกลบ	การแปรสภาพเป็นแก๊ส	9.00	8.00
บจก.ก้าวหน้าเพาเวอร์ ซัพพลาย # 2	อ.ลำโรง จ.อุบลราชธานี	แกลบ	Steam turbine	9.90	7.50
บจก.อันดามันน้ำมันปาล์ม	อ.อ่าวลึก จ.กระบี่	ทะลายปาล์ม	Steam turbine	9.90	8.00
บจก. ตากอะโกร เอ็นเนอร์ยี จำกัด	อ.สามเงา จ.ตาก	แกลบ	Steam turbine	9.00	8.00
บจก.สุรินทร์ไบโอเพาเวอร์	อ.เมือง จ.สุรินทร์	แกลบ , ไม้สับ	Steam turbine	9.00	8.00

ตารางที่ ก-1 (ต่อ)
สถานที่ติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวล

บริษัท/สถานที่ตั้งโรงไฟฟ้า	สถานที่ตั้งโรงไฟฟ้า	ประเภทเชื้อเพลิง	ประเภทโรงไฟฟ้า	ขนาด กำลังการผลิต (เมกะวัตต์)	กำลังไฟฟ้าสูงสุด ที่จะจ่ายเข้าระบบ (เมกะวัตต์)
บจก.อุททอง ไบโอพาวเวอร์	อ.อุททอง จ.สุพรรณบุรี	แกลบ	กังหันไอน้ำ	9.00	8.00
บจก.พิจิตรอากริพาวเวอร์	อ.ตะพานหิน จ.พิจิตร	แกลบ	กังหันไอน้ำ	9.50	8.00
บจก.ไกรกังวาร ไบโอแมส	อ.กันทรารมย์ จ.ศรีสะเกษ	เศษไม้	การแปรสภาพเป็นแก๊ส	2.70	2.50
บจก. แมว่งส์ เอ็นเนอร์ยี	อ.แมว่งส์ จ.นครสวรรค์	แกลบ	กังหันไอน้ำ	9.00	8.00
บจก. ดับเบิ้ลยู ทู อี	อ.บางสะพาน จ.ประจวบคีรีขันธ์	ไม้สับ	การแปรสภาพเป็นแก๊ส	9.00	8.00
บจก.พรรณไผ่ไบโอเพาเวอร์	อ.ละหานทราย จ.บุรีรัมย์	เศษไม้	กังหันไอน้ำ	9.50	8.00
บจก.ดอนตูม ไบโอ เอนเนอร์ยี	อ.ดอนตูม จ.นครปฐม	ทะลายปาล์ม	กังหันไอน้ำ	3.00	2.50
บจก.บ้านไร่ผลิตไฟฟ้า	อ.บ้านไร่ จ.อุทัยธานี	แกลบ	กังหันไอน้ำ	9.90	8.00
บจก.สยามไบโอแมส	อ.ตรอน จ.อุดรธานี	แกลบ	กังหันไอน้ำ	9.90	8.00
บจก.ประจวบอุตสาหกรรม	อ.ท่ามะกา จ.กาญจนบุรี	กากอ้อย	กังหันไอน้ำ	11.00	2.00
บจก. ทูเอ็นเนอร์จี (สุพรรณบุรี)	อ.อุททอง จ.สุพรรณบุรี	แกลบ	กังหันไอน้ำ	9.00	8.00
บจก.ทูเอ็นเนอร์จี (นครสวรรค์)	อ.หนองบัว จ.นครสวรรค์	แกลบ	กังหันไอน้ำ	9.00	8.00

ตารางที่ ก-1 (ต่อ)
สถานที่ติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวล

บริษัท/สถานที่ตั้งโรงไฟฟ้า	สถานที่ตั้งโรงไฟฟ้า	ประเภทเชื้อเพลิง	ประเภทโรงไฟฟ้า	ขนาด กำลังการผลิต (เมกะวัตต์)	กำลังไฟฟ้าสูงสุด ที่จะจ่ายเข้าระบบ (เมกะวัตต์)
บจก.บีดับบลิว เพาเวอร์ ซัพพลาย	อ.บางปะกง จ.ฉะเชิงเทรา	แกลบ	กังหันไอน้ำ	3.00	1.80
บจก.กำแพงเพชรผลิตไฟฟ้า	อ.เมือง จ.กำแพงเพชร	เห้งามันสำปะหลัง	กังหันไอน้ำ	3.00	2.80
บจก. เจพี แอลโลแอนซ์ คอนซัลแทนท์	อ.หล่มเก่า จ.เพชรบูรณ์	ไม้สับ	กังหันไอน้ำ	9.60	8.00
บจก.เอ็น ไว โร พาวเวอร์	อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม	ฟาง	การแปรสภาพเป็นแก๊ส	N/A	0.75
นายบัญชา จำปาเงิน	อ.ท่ามะกา จ.กาญจนบุรี	ฟาง	การแปรสภาพเป็นแก๊ส	0.15	0.15
นายปิยะศักดิ์ พวงพันธ์	อ.ท่ามะกา จ.กาญจนบุรี	ฟาง	การแปรสภาพเป็นแก๊ส	0.15	0.15
นายปรัชญา ผ่องใส	อ.ท่ามะกา จ.กาญจนบุรี	ฟาง	การแปรสภาพเป็นแก๊ส	0.20	0.20
บจก. มิตรภาพพลังงานไทย	อ.ท่าม่วง จ.กาญจนบุรี	ฟาง	การแปรสภาพเป็นแก๊ส	0.20	0.19
นายสุรัชย์ ทมุล	อ.ทับสะแก จ.ประจวบคีรีขันธ์	กากปาล์ม	กังหันไอน้ำ	1.40	1.00
บจก.เอ เอส ที ปาล์ม ออยล์ 2	อ.เมือง จ.ประจวบคีรีขันธ์	กากปาล์ม	กังหันไอน้ำ	1.40	1.00
หจก. กรีนไบ-โอ มหาสารคาม	อ.เขียงยืน จ.มหาสารคาม	ก๊าซชีวภาพ	การแปรสภาพเป็นแก๊ส	1.20	1.00
บจก.นครสวรรค์กรีนเอ็นเนอร์ยี	อ.ท่าตะโก จ.นครสวรรค์	แกลบ	กังหันไอน้ำ	9.90	8.00

ตารางที่ ก-1 (ต่อ)
สถานที่ติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวล

บริษัท/สถานที่ตั้งโรงไฟฟ้า	สถานที่ตั้งโรงไฟฟ้า	ประเภทเชื้อเพลิง	ประเภทโรงไฟฟ้า	ขนาด กำลังการผลิต (เมกะวัตต์)	กำลังไฟฟ้าสูงสุด ที่จะจ่ายเข้าระบบ (เมกะวัตต์)
บจก. คีนติก เพาเวอร์ แอนด์ เอ็นเนอร์ยี่	อ.สองพี่น้อง จ.สุพรรณบุรี	แกลบ	กังหันไอน้ำ	9.60	8.00
บจก.ทรูเอ็นเนอร์จี้ (จ.กาญจนบุรี)	อ.ห้วยกระเจา จ.กาญจนบุรี	แกลบ	กังหันไอน้ำ	9.00	8.00
นางสาวอโรมา ภูภิรัตน์	อ.ทุ่งตะโก จ.ชุมพร	ขุยมะพร้าว	กังหันไอน้ำ	0.16	0.15
บจก.เอเชีย ซิลโลยี คอมมิวนิเคชั่น	อ.บ้านหมี่ จ.ลพบุรี	ไม้โตเร็ว	กังหันไอน้ำ	1.40	1.00
บจก. ทีพี กรีน	อ.ทับสะแก จ.ประจวบคีรีขันธ์	ขุยมะพร้าว	กังหันไอน้ำ	9.40	8.00
บจก.โรงไฟฟ้าชีวมวลอรรถพลแพร่	อ.เมือง จ.แพร่	แกลบ	กังหันไอน้ำ	9.90	8.00
บจก.ทรูเอ็นเนอร์จี้ (ลพบุรี)	อ.พัฒนานิคม จ.ลพบุรี	แกลบ,เศษไม้	กังหันไอน้ำ	9.00	8.00
บจก.ไวร์เออ แอนด์ ไวร์เลส	อ.บางสะพานน้อย จ.ประจวบคีรีขันธ์	ขุยมะพร้าว	กังหันไอน้ำ	9.90	8.00
บจก.กำแพงเพชรกรีนเอ็นเนอร์ยี่	อ.เมือง จ.กำแพงเพชร	แกลบ	กังหันไอน้ำ	9.90	8.00
บจก.ศรีเอ็นเนอร์ยี่	อ.ลำทับ จ.กระบี่	ทะลายปาล์ม	กังหันไอน้ำ	5.00	4.50
บจก. เจพี แอลโลแอนซ์ คอนซัลแทนท์	อ.ชนแดน จ.เพชรบูรณ์	ไม้สับ	กังหันไอน้ำ	9.60	8.00
บจก.เอฟลักซ์ เพาเวอร์	อ.หนองม่วง จ.ลพบุรี	เศษไม้	การแปรสภาพเป็นแก๊ส	1.80	1.50

ตารางที่ ก-1 (ต่อ)
สถานที่ติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวล

บริษัท/สถานที่ตั้งโรงไฟฟ้า	สถานที่ตั้งโรงไฟฟ้า	ประเภทเชื้อเพลิง	ประเภทโรงไฟฟ้า	ขนาด กำลังการผลิต (เมกะวัตต์)	กำลังไฟฟ้าสูงสุด ที่จะจ่ายเข้าระบบ (เมกะวัตต์)
บจก.สยามกรีนจัดหาเชื้อเพลิง	อ.เมือง จ.อุดรธานี	เศษไม้ , ไม้สับ	กังหันไอน้ำ	9.50	8.00
บจก.คลีนเพาเวอร์แอสโซซิเอตส์ # 2	อ.เขาพนม จ.กระบี่	ทะลายปาล์ม	กังหันไอน้ำ	7.50	7.50
บจก.สยามกรีนจัดหาเชื้อเพลิง	อ.คอนสวรรค์ จ.ชัยภูมิ	เศษไม้ , ไม้สับ	กังหันไอน้ำ	9.50	8.00
บจก.เจเอ็มเจ เอ็นเตอร์ไพรส์ (ประเทศไทย)	อ.เมือง จ.สระแก้ว	กากปาล์ม	กังหันไอน้ำ	9.50	8.00
บจก.ยูนิคไบโอเพาเวอร์	อ.เมืองบุรีรัมย์ จ.บุรีรัมย์	ชีวมวล	กังหันไอน้ำ	9.50	8.00
บจก.เอเวอร์กรีน พลัส	อ.พัฒนานิคม จ.ลพบุรี	ไม้สับ	กังหันไอน้ำ	9.90	8.00
บจก.ไทยเพิ่มพูนอุตสาหกรรม	อ.ท่าม่วง จ.กาญจนบุรี	กากอ้อย	กังหันไอน้ำ	22.00	8.00
บจก.ไวต์ แอดวานซ์	อ.วิเชียรบุรี จ.เพชรบูรณ์	ไม้โตเร็ว	กังหันไอน้ำ	0.32	0.25
บจก.เอเชียนสตาร์ไบโอพาวเวอร์	อ.เก้าเลี้ยว จ.นครสวรรค์	แกลบ	กังหันไอน้ำ	6.00	5.20
บจก.โซคชัยสตาร์ช	อ.บ้านไร่ จ.อุทัยธานี	เห้งมัน	กังหันไอน้ำ	6.00	4.00
บจก.ขอนแก่นกรีนพาวเวอร์	อ.พล จ.ขอนแก่น	แกลบ	กังหันไอน้ำ	9.90	8.00
บจก.สุขุทัย ไบโอเอนเนอจี	อ.ศรีสัชนาลัย จ.สุโขทัย	กากอ้อย	การแปรสภาพเป็นแก๊ส	35.00	8.00

ตารางที่ ก-1 (ต่อ)
สถานที่ติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวล

บริษัท/สถานที่ตั้งโรงไฟฟ้า	สถานที่ตั้งโรงไฟฟ้า	ประเภทเชื้อเพลิง	ประเภทโรงไฟฟ้า	ขนาด กำลังการผลิต (เมกะวัตต์)	กำลังไฟฟ้าสูงสุด ที่จะจ่ายเข้าระบบ (เมกะวัตต์)
บจก.ปทุมไรซ์มิล แอนด์ แกรนารี (มหาชน)	อ.สีคิ้ว จ.นครราชสีมา	แกลบ	กังหันไอน้ำ	9.24	8.00
บจก.สตาร์พาวเวอร์เพลนท์	อ.บ้านตาก จ.ตาก	แกลบ	กังหันไอน้ำ	9.80	8.00
บจก.คิเนติกเพเวอร์แอนด์เอ็นเนอร์ยี	อ.พนมทวน จ.กาญจนบุรี	แกลบ , เศษไม้	กังหันไอน้ำ	9.00	8.00
บจก.น้ำตาลไทยเอกลักษณ์	อ.เมือง จ.อุดรดิตถ์	กากอ้อย	กังหันไอน้ำ	23.00	3.00
บจก.เซียงแสนนครกรีน	อ.เวียงชัย จ.เชียงราย	แกลบ	กังหันไอน้ำ	9.90	8.00
บจก.แม่สอดพลังงานสะอาด	อ.แม่สอด จ.ตาก	กากอ้อย	กังหันไอน้ำ	16.00	8.00
บจก.ไทยเพาเวอร์ซัพพลาย	อ.พนมสารคาม จ.ฉะเชิงเทรา	ชีวมวล	กังหันไอน้ำ	5.10	4.80
บจก.ไทยรุ่งเรืองพลังงาน	อ.วังม่วง จ.สระบุรี	กากอ้อย	กังหันไอน้ำ	9.50	8.00
บจก.รวมผลอุตสาหกรรมนครสวรรค์	อ.เมือง จ.นครสวรรค์	กากอ้อย	กังหันไอน้ำ	32.50	2.50
บจก.หนองบัว กรีนพาวเวอร์	อ.หนองบัว จ.นครสวรรค์	แกลบ	กังหันไอน้ำ	9.00	8.00
บจก.ทรานซ์เทอริโบ กรีนพาวเวอร์	อ.ตาคลี จ.นครสวรรค์	แกลบ , เศษไม้	กังหันไอน้ำ	9.50	8.00
บจก.น้ำตาลเอราวัณ โครงการ 2	อ.นากลาง จ.หนองบัวลำภู	กากอ้อย	กังหันไอน้ำ	9.00	8.00

ตารางที่ ก-1 (ต่อ)
สถานที่ติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวล

บริษัท/สถานที่ตั้งโรงไฟฟ้า	สถานที่ตั้งโรงไฟฟ้า	ประเภทเชื้อเพลิง	ประเภทโรงไฟฟ้า	ขนาด กำลังการผลิต (เมกะวัตต์)	กำลังไฟฟ้าสูงสุด ที่จะจ่ายเข้าระบบ (เมกะวัตต์)
บจก.สหโคเจน กรีน	อ.เมืองลำพูน จ.ลำพูน	เศษไม้	กังหันไอน้ำ	9.50	8.00
บจก.เอส แอนด์ บี วิเอสพีพี	อ.บางไทร จ.พระนครศรีอยุธยา	-	การแปรสภาพเป็นแก๊ส	1.00	0.90
หจก.สมใจนึก วิเอสพีพี	อ.บางไทร จ.พระนครศรีอยุธยา	-	การแปรสภาพเป็นแก๊ส	1.00	0.90
บจก.สตาร์ เพาเวอร์ ชัพพลาย	อ.บ้านตาก จ.ตาก	แกลบ	กังหันไอน้ำ	9.90	8.00
บจก.บ้านโป่ง คลีน เอ็นเนอร์ยี	อ.บ้านโป่ง จ.ราชบุรี	กากและเห้ง้ามัน สั้มปะหลัง	กังหันไอน้ำ	6.00	4.80
บจก.ไทย วิเอสพีพี	อ.สามโคก จ.ปทุมธานี	หญ้าชน	การแปรสภาพเป็นแก๊ส	0.06	0.06
บจก.สิงห์โตทองกรีนเอนเนอร์ยี	อ.เมือง จ.กำแพงเพชร	แกลบ	กังหันไอน้ำ	9.90	8.00
บจก. ทรัพย์อนันต์ (โครงการ2)	อ.ท่าแซะ จ.ชุมพร	ทะลายปาล์ม	กังหันไอน้ำ	9.50	8.00
บจก.แพร่ชีวมวล	อ.เมือง จ.แพร่	แกลบ	กังหันไอน้ำ	9.90	8.00
บจก.มุงเจริญกรีน เพาเวอร์	อ.เมือง จ.สุรินทร์	แกลบ	กังหันไอน้ำ	9.90	8.00
บจก.มุงเจริญกรีน เพาเวอร์ # 2	อ.เมือง จ.สุรินทร์	แกลบ	กังหันไอน้ำ	2.70	2.30

ตารางที่ ก-1 (ต่อ)
สถานที่ติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวล

บริษัท/สถานที่ตั้งโรงไฟฟ้า	สถานที่ตั้งโรงไฟฟ้า	ประเภทเชื้อเพลิง	ประเภทโรงไฟฟ้า	ขนาด กำลังการผลิต (เมกะวัตต์)	กำลังไฟฟ้าสูงสุด ที่จะจ่ายเข้าระบบ (เมกะวัตต์)
บจก. ไรด์ พาวเวอร์กรีน	อ.แก่ง จ.ระยอง	ไม้โตเร็ว	กังหันไอน้ำ	6.00	5.25
บจก. มอติเนแดงกรีน	อ.เมือง จ.อุบลราชธานี	ซังข้าวโพด, แกลบ	กังหันไอน้ำ	9.90	8.00
บจก. เอเชียซิลโล่คอมมิวนิคชั่น	อ.โคกสำโรง จ.ลพบุรี	ไม้โตเร็ว	กังหันไอน้ำ	1.25	1.25
บจก. สันทัดรูป	อ.สวิ จ.ชุมพร	เศษวัสดุ	กังหันไอน้ำ	9.50	8.00
บจก. น้ำตาลเกษตรไทย	อ.ตาลดี จ.นครสวรรค์	กากอ้อย	กังหันไอน้ำ	50.00	8.00
บจก. แอ็ดวานซ์ อะโกร เพาเวอร์ แพลนท์	อ.ลาดยาว จ.นครสวรรค์	แกลบ	กังหันไอน้ำ	9.90	8.00
บจก. แอ็ดวานซ์ อะโกร เพาเวอร์ แพลนท์	อ.เมืองสระแก้ว จ.สระแก้ว	แกลบ	กังหันไอน้ำ	9.90	8.00
บจก. แอ็ดวานซ์ อะโกร เพาเวอร์ แพลนท์	อ.บำเน็จณรงค์ จ.ชัยภูมิ	แกลบ	กังหันไอน้ำ	9.90	8.00
บจก. แอ็ดวานซ์ อะโกร เพาเวอร์ แพลนท์	อ.ด่านขุนทด จ.นครราชสีมา	แกลบ	กังหันไอน้ำ	9.90	8.00
บจก. แอ็ดวานซ์ อะโกร เพาเวอร์ แพลนท์	อ.ชุมพร จ.นครราชสีมา	แกลบ	กังหันไอน้ำ	9.90	8.00
บจก. แอ็ดวานซ์ อะโกร เพาเวอร์ แพลนท์	อ.สตึก จ.บุรีรัมย์	แกลบ	กังหันไอน้ำ	9.90	8.00
บจก. เจ แอนด์ พี อินเตอร์เนชั่นแนล ดีไซน์	อ.อรัญประเทศ จ.สระแก้ว	แกลบ , เศษไม้	กังหันไอน้ำ	3.00	1.50

ตารางที่ ก-1 (ต่อ)
สถานที่ติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวล

บริษัท/สถานที่ตั้งโรงไฟฟ้า	สถานที่ตั้งโรงไฟฟ้า	ประเภทเชื้อเพลิง	ประเภทโรงไฟฟ้า	ขนาด กำลังการผลิต (เมกะวัตต์)	กำลังไฟฟ้าสูงสุด ที่จะจ่ายเข้าระบบ (เมกะวัตต์)
บจก.ไวต์ แอดวานซ์	อ.หนองเสือ จ.ปทุมธานี	ไม้โตเร็ว	กังหันไอน้ำ	8.51	6.75
บจก.ไวต์ แอดวานซ์	อ.วิเชียรบุรี จ.เพชรบูรณ์	ไม้โตเร็ว	กังหันไอน้ำ	8.51	6.75
บจก.ไวต์ แอดวานซ์	อ.หนองเสือ จ.ปทุมธานี	ไม้โตเร็ว	กังหันไอน้ำ	8.51	6.75
บจก.ไวต์ แอดวานซ์	อ.ศรีเทพ จ.เพชรบูรณ์	ไม้โตเร็ว	กังหันไอน้ำ	8.51	6.75
บจก.อิสริยะกุล ไบโอแมส	อ.ดอกคำใต้ จ.พะเยา	แกลบ, ชังข้าวโพด	กังหันไอน้ำ	9.00	7.80
บจก.ไบโอ-แมส เพาเวอร์	อ.มโนรมย์ จ.ชัยนาท	แกลบ	กังหันไอน้ำ	6.00	5.20
บจก.ยูโรไทย เพาเวอร์	อ.ปักธงชัย จ.นครราชสีมา	กากสับดำ	กังหันไอน้ำ	9.50	8.00
บจก.น้ำตาลมิตรภูเวียง # 2	อ.หนองเรือ จ.ขอนแก่น	กากอ้อย	กังหันไอน้ำ	24.00	8.00
บจก.ไฟฟ้าธรรมชาติ	อ.พระแสง จ.สุราษฎร์ธานี	ทะลายปาล์ม	กังหันไอน้ำ	9.00	8.00

ตารางที่ ก-1 (ต่อ)
สถานที่ติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวล

บริษัท/สถานที่ตั้งโรงไฟฟ้า	สถานที่ตั้งโรงไฟฟ้า	ประเภทเชื้อเพลิง	ประเภทโรงไฟฟ้า	ขนาด กำลังการผลิต (เมกะวัตต์)	กำลังไฟฟ้าสูงสุด ที่จะจ่ายเข้าระบบ (เมกะวัตต์)
บจก.ทีโอแอล คอร์ปอเรชั่น (มหาชน)	อ.เวียงสา จ.น่าน	แกนเปลือกข้าวโพด	กังหันไอน้ำ	1.80	1.80
บจก.น้ำตาลวังขนาย	อ.โกสุมพิสัย จ.มหาสารคาม	กากอ้อย	กังหันไอน้ำ	18.00	6.00
บจก.เอ็นเพล ไบโอบีโอสเฟอเวอร์	อ.เมืองสุพรรณบุรี จ.สุพรรณบุรี	แกลบ	กังหันไอน้ำ	9.50	8.00
บจก.ไฟฟ้าธรรมชาติ	อ.สวิ จ.ชุมพร	ทะลายปาล์ม	กังหันไอน้ำ	9.00	8.00
บจก.มังกรทองผลิตไฟฟ้า	อ.ปราสาท จ.สุรินทร์	เปลือกไม้ยูคาลิปตัส	กังหันไอน้ำ	7.50	6.75
บจก.ไทยเสรี เอนเนอเจติก # 2	อ.คลองขลุง จ.กำแพงเพชร	แกลบ	กังหันไอน้ำ	6.00	5.40
บจก.วิทย์ ไบโอบีโอสเฟอเวอร์	อ.ลาดยาว จ.นครสวรรค์	แกลบ	กังหันไอน้ำ	9.90	8.00
บจก.ไบโอ-แมส เพาเวอร์	อ.วัดสิงห์ จ.ชัยนาท	แกลบ	กังหันไอน้ำ	3.50	3.00
บจก.เชียงแสน กรีน พาวเวอร์	อ.เชียงแสน จ.เชียงราย	แกลบ	กังหันไอน้ำ	9.00	8.00
บจก.ทศสุวรรณ พาวเวอร์	อ.เมือง จ.ยโสธร	แกลบ	กังหันไอน้ำ	9.00	8.00

ภาคผนวก ข.

ข้อมูลระบบจำหน่ายและค่าต่างๆ ในแบบจำลองระบบไฟฟ้ากำลังที่ใช้ในการวิเคราะห์
กำลังไฟฟ้าสูญเสีย

ข.1 แบบจำลองระบบไฟฟ้ากำลัง 30 บัส ของ IEEE

ตารางที่ ข.1

แสดงระยะทาง กำลังไฟฟ้าสูญเสียที่เกิดขึ้นในสายส่ง (Line Data) ของระบบ 30 บัส ของ IEEE

From Bus	To Bus	R	X	C	MW Loss	Mvar Loss
1	2	0.0192	0.0575	0.0264	0.14	-2.21
1	3	0.0452	0.1852	0.0204	0.35	-0.6
2	4	0.057	0.1737	0.0184	0.38	-0.65
2	5	0.0472	0.1983	0.0209	0.17	-1.37
2	6	0.0581	0.1763	0.0187	0.55	-0.17
3	4	0.0132	0.0379	0.0042	0.08	-0.17
4	6	0.0119	0.0414	0.0045	0.06	-0.22
4	12	0	0.256	0	0	1.05
5	7	0.046	0.116	0.0102	0.17	-0.56
7	6	0.0267	0.082	0.0085	0.02	-0.75
8	6	0.012	0.042	0.0045	0.07	-0.19
6	9	0	0.208	0	0	0.77
6	10	0	0.556	0	0	0.67
28	6	0.017	0.06	0.0065	0.01	-0.6
28	8	0.064	0.2	0.0214	0.03	-1.98
9	10	0	0.11	0	0	0.41
9	11	0	0.208	0	0	0
10	17	0.032	0.085	0	0.07	0.19

From Bus	To Bus	R	X	C	MW Loss	Mvar Loss
10	20	0.094	0.209	0	0.46	1.03
10	21	0.035	0.075	0	0.03	0.07
10	22	0.0727	0.1499	0	0.07	0.14
12	13	0	0.14	0	0	1.09
14	12	0.123	0.256	0	0.07	0.15
15	12	0.066	0.13	0	0.23	0.46
12	16	0.095	0.199	0	0.07	0.16
15	14	0.221	0.2	0	0.01	0.01
15	18	0.107	0.219	0	0.18	0.37
23	15	0.1	0.202	0	0.13	0.26
17	16	0.082	0.193	0	0.02	0.06
18	19	0.0639	0.1292	0	0.06	0.12
19	20	0.034	0.068	0	0.02	0.03
22	21	0.012	0.024	0	0.11	0.22
22	24	0.115	0.179	0	0.08	0.13
24	23	0.132	0.27	0	0.05	0.1
25	24	0.189	0.329	0	0.41	0.71
26	25	0.254	0.38	0	0.05	0.07
27	25	0.109	0.209	0	0.33	0.62
28	27	0	0.396	0	0	0.62
27	29	0.22	0.415	0	0.09	0.17
27	30	0.32	0.603	0	0.17	0.32
29	30	0.24	0.453	0	0.04	0.07

ตารางที่ ข.2

แสดงข้อมูลการส่งจ่าย โหลดของระบบที่ตำแหน่งต่างๆ (Bus Data) ของระบบ 30 บัส ของ IEEE

Bus	PU Volt	Volt (kV)	Angle (Deg)	Load MW	Load MVR	Gen MW	Gen MVR
1	1	138	0	-	-	53.5	-9.82
2	1	138	-0.94	21.7	12.7	71	22.36
3	0.9871	136.22	-2.95	2.4	1.2	-	-
4	0.98401	135.793	-3.51	7.6	1.6	-	-
5	0.98684	136.184	-3.01	-	-	-	-
6	0.98151	135.448	-4.07	0	0	-	-
7	0.9743	134.454	-4.19	23	11	-	-
8	0.97936	135.152	-4.67	30	0	-	-
9	0.98294	135.646	-6.39	-	-	-	-
10	0.98436	135.841	-7.62	5.8	2	-	-
11	0.98294	135.646	-6.39	-	-	-	-
12	0.98644	136.129	-6.52	11.2	7.5	-	-
13	1	137.999	-4.41	-	-	25.99	10.16
14	0.97618	134.713	-7.66	6.2	1.6	-	-
15	0.97603	134.693	-8	15	2.5	-	-
16	0.9763	134.729	-7.5	3.5	1.8	-	-
17	0.97407	134.421	-8.15	18	5.8	-	-
18	0.95813	132.222	-9.56	3.2	0.9	-	-
19	0.95111	131.253	-10.28	15	3.4	-	-
20	0.95521	131.819	-10.08	15	0.7	-	-
21	0.9925	136.965	-7.59	17.5	11.2	-	-
22	0.99999	137.998	-7.42	-	-	26.58	35.77
23	0.99999	137.999	-7.49	12	1.6	18	15.23
24	0.98728	136.244	-6.7	8.7	6.7	-	-

Bus	PU Volt	Volt (kV)	Angle (Deg)	Load MW	Load MVR	Gen MW	Gen MVR
25	0.98942	136.54	-3.47	-	-	-	-
26	0.97122	134.028	-3.92	3.5	2.3	-	-
27	1.00003	138.004	-1.21	-	-	42	4.07
28	0.98493	135.921	-3.92	-	-	-	-
29	0.97965	135.191	-2.5	2.4	0.9	-	-
30	0.96786	133.565	-3.42	10.6	1.9	-	-

ข.2 แบบจำลองระบบไฟฟ้ากำลัง 118 บัส

ตารางที่ ข.3

แสดงระยะทาง กำลังไฟฟ้าสูญเสียที่เกิดขึ้นในสายส่ง (Line Data) ของระบบ 118 บัส ของ IEEE

From Bus	To Bus	R	X	C	MW Loss	Mvar Loss
1	2	0.0303	0.0999	0.025	0	-2.48
1	3	0.0129	0.0424	0.0108	0	-1.07
2	12	0.0187	0.0616	0.0158	0	-1.55
3	5	0.0241	0.108	0.0284	0.01	-2.81
3	12	0.0484	0.16	0.0406	0.01	-4.02
4	5	0.0018	0.008	0.0021	0.04	-0.01
4	11	0.0209	0.0688	0.0174	0	-1.73
5	6	0.0119	0.054	0.0142	0.02	-1.32
8	5	0	0.0267	0	0	3.14
5	11	0.0203	0.0682	0.0174	0.01	-1.71
6	7	0.0046	0.0208	0.0054	0	-0.53
7	12	0.0086	0.034	0.0088	0	-0.87
8	9	0.0024	0.0305	1.162	0.35	-119.67

From Bus	To Bus	R	X	C	MW Loss	Mvar Loss
8	30	0.0043	0.0504	0.514	0.01	-52.31
9	10	0.0026	0.0322	1.23	0.02	-135.63
11	12	0.0059	0.0196	0.005	0.01	-0.47
11	13	0.0225	0.0731	0.0188	0.01	-1.86
12	14	0.0215	0.0707	0.0182	0.01	-1.78
12	16	0.0212	0.0834	0.0214	0.01	-2.1
12	117	0.0329	0.014	0.0358	0	-3.55
13	15	0.0744	0.2444	0.0626	0.01	-6.29
14	15	0.0595	0.195	0.0502	0.01	-5.04
15	17	0.0132	0.0437	0.0444	0.01	-4.49
15	19	0.012	0.0394	0.01	0	-1.01
15	33	0.038	0.1244	0.032	0.03	-3.2
16	17	0.0454	0.1801	0.0466	0.01	-4.66
17	18	0.0123	0.0505	0.013	0.02	-1.26
30	17	0	0.0388	0	0	3.66
17	31	0.0474	0.1563	0.0398	0.35	-2.75
17	113	0.0091	0.0301	0.0077	0.34	0.34
18	19	0.0112	0.0493	0.0114	0.01	-1.12
19	20	0.0252	0.117	0.0298	0	-3.03
19	34	0.0752	0.247	0.0632	0.05	-6.39
20	21	0.0183	0.0849	0.0216	0	-2.21
21	22	0.0209	0.097	0.0246	0	-2.52
22	23	0.0342	0.159	0.0404	0.01	-4.09
23	24	0.0135	0.0492	0.0498	0.19	-4.31
23	25	0.0156	0.08	0.0864	0.37	-7.29
23	32	0.0317	0.1153	0.1174	0.24	-10.73
24	70	0.1022	0.4115	0.102	0.03	-10.15

From Bus	To Bus	R	X	C	MW Loss	Mvar Loss
24	72	0.0488	0.196	0.0488	0.02	-4.67
26	25	0	0.0382	0	0	0.16
25	27	0.0318	0.163	0.1764	0.78	-14.01
26	30	0.008	0.086	0.908	0.02	-92.44
27	28	0.0191	0.0855	0.0216	0	-2.02
27	32	0.0229	0.0755	0.0192	0.04	-1.7
27	115	0.0164	0.0741	0.0197	0.01	-1.82
28	29	0.0237	0.0943	0.0238	0	-2.23
29	31	0.0108	0.0331	0.0084	0	-0.78
30	38	0.0046	0.054	0.422	0.02	-42.03
31	32	0.0298	0.0985	0.0252	0.03	-2.28
113	31	0	0.1	0	0	0.68
32	113	0.0615	0.203	0.0518	0.03	-4.92
32	114	0.0135	0.0612	0.0163	0.01	-1.53
33	37	0.0415	0.142	0.0366	0.02	-3.77
34	36	0.0087	0.0268	0.0056	0	-0.58
34	37	0.0026	0.0094	0.0098	0	-1.03
34	43	0.0413	0.1681	0.0422	0.01	-4.45
35	36	0.0022	0.0102	0.0026	0	-0.27
35	37	0.011	0.0497	0.0132	0	-1.39
38	37	0	0.0375	0	0	3.46
37	39	0.0321	0.106	0.027	0.38	-1.49
37	40	0.0593	0.168	0.042	0.69	-2.25
38	65	0.009	0.0986	1.046	0.02	-104.37
39	40	0.0184	0.0605	0.0156	0.23	-0.74
40	41	0.0145	0.0487	0.0122	0.01	-1.12
40	42	0.0555	0.183	0.0466	0.03	-4.34

From Bus	To Bus	R	X	C	MW Loss	Mvar Loss
41	42	0.041	0.135	0.0342	0.03	-3.2
42	49	0.0715	0.323	0.086	0.1	-8.22
42	49	0.0715	0.323	0.086	0.1	-8.22
42	49	0.0715	0.323	0.086	0.1	-8.22
43	44	0.0608	0.2454	0.0606	0	-6.55
44	45	0.0224	0.0901	0.0224	0.04	-2.25
45	46	0.04	0.1356	0.0332	0.19	-2.81
45	49	0.0684	0.186	0.0444	0.02	-4.63
46	47	0.038	0.127	0.0316	0.07	-3.01
46	48	0.0601	0.189	0.0472	0.09	-4.61
47	49	0.0191	0.0625	0.016	0	-1.67
47	69	0.0844	0.2778	0.071	0.02	-7.44
48	49	0.0179	0.0505	0.0126	0.01	-1.31
49	50	0.0267	0.0752	0.0188	0.09	-1.71
49	51	0.0486	0.137	0.0342	0.26	-2.76
49	54	0.073	0.289	0.0738	0.42	-5.59
49	54	0.0869	0.291	0.073	0.48	-5.56
49	54	0.073	0.289	0.0738	0.42	-5.59
49	66	0.018	0.0919	0.0248	0.13	-2.01
49	66	0.018	0.0919	0.0248	0.13	-2.01
49	66	0.018	0.0919	0.0248	0.13	-2.01
49	69	0.0985	0.324	0.0828	0.01	-8.74
50	57	0.0474	0.134	0.0332	0.18	-2.78
51	52	0.0203	0.0588	0.014	0.01	-1.33
51	58	0.0255	0.0719	0.0178	0.07	-1.53
52	53	0.0405	0.1635	0.0406	0.04	-3.71
53	54	0.0263	0.122	0.031	0.04	-2.67

From Bus	To Bus	R	X	C	MW Loss	Mvar Loss
54	55	0.0169	0.0707	0.0202	0.01	-1.8
54	56	0.0027	0.0096	0.0074	0.12	-0.25
54	59	0.0503	0.2293	0.0598	0.09	-5.21
55	56	0.0049	0.0151	0.0038	0	-0.35
55	59	0.0474	0.2158	0.0564	0.06	-5.05
56	57	0.0343	0.0966	0.0242	0.17	-1.82
56	58	0.0343	0.0966	0.0242	0.12	-1.95
56	59	0.0825	0.251	0.0568	0.07	-5.15
56	59	0.0803	0.239	0.0536	0.08	-4.84
56	59	0.0825	0.251	0.0568	0.07	-5.15
59	60	0.0317	0.145	0.0376	0.02	-3.61
59	61	0.0328	0.15	0.0388	0.01	-3.74
63	59	0	0.0386	0	0	2.12
60	61	0.0026	0.0135	0.0146	0	-1.43
60	62	0.0123	0.0561	0.0146	0.01	-1.39
61	62	0.0082	0.0376	0.0098	0.03	-0.86
64	61	0	0.0268	0	0	0.15
62	66	0.0482	0.218	0.0578	0.23	-5.06
62	67	0.0258	0.117	0.031	0.13	-2.6
63	64	0.0017	0.02	0.216	0.08	-19.84
64	65	0.0027	0.0302	0.38	0.1	-36.54
65	66	0	0.037	0	0	1.72
65	68	0.0014	0.016	0.638	0	-64.28
66	67	0.0224	0.1015	0.0268	0.1	-2.46
68	69	0	0.037	0	0	3.88
68	81	0.0018	0.0202	0.808	0.02	-80.5
68	116	0.0003	0.0041	0.164	0.01	-16.43

From Bus	To Bus	R	X	C	MW Loss	Mvar Loss
69	70	0.03	0.127	0.122	0.09	-12.43
69	75	0.0405	0.122	0.124	0.04	-13.07
69	77	0.0309	0.101	0.1038	0.01	-11.06
70	71	0.0088	0.0355	0.0088	0.09	-0.52
70	74	0.0401	0.1323	0.0337	0.03	-3.39
70	75	0.0428	0.141	0.036	0.04	-3.62
71	72	0.0446	0.18	0.0444	0.06	-4.1
71	73	0.0087	0.0454	0.0118	0.05	-0.92
74	75	0.0123	0.0406	0.0103	0	-1.07
75	77	0.0601	0.1999	0.0498	0.01	-5.27
75	118	0.0145	0.0481	0.012	0	-1.26
76	77	0.0444	0.148	0.0368	0.02	-3.83
76	118	0.0164	0.0544	0.0136	0	-1.42
77	78	0.0038	0.0124	0.0126	0.01	-1.31
77	80	0.017	0.0485	0.0472	0.03	-5
77	80	0.0294	0.105	0.0228	0.01	-2.41
77	80	0.017	0.0485	0.0472	0.03	-5
77	82	0.0298	0.0853	0.0817	0.43	-7.22
78	79	0.0055	0.0244	0.0065	0.02	-0.62
79	80	0.0156	0.0704	0.0187	0	-2.01
81	80	0	0.037	0	0	1.77
80	96	0.0356	0.182	0.0494	0.06	-4.91
80	97	0.0183	0.0934	0.0254	0.03	-2.57
80	98	0.0238	0.108	0.0286	0.01	-3.03
80	99	0.0454	0.206	0.0546	0.09	-5.32
82	83	0.0112	0.0366	0.038	0.03	-3.74
82	96	0.0162	0.053	0.0544	0.15	-5.03

From Bus	To Bus	R	X	C	MW Loss	Mvar Loss
83	84	0.0625	0.132	0.0258	0	-2.61
83	85	0.043	0.148	0.0348	0	-3.52
84	85	0.0302	0.0641	0.0123	0	-1.24
85	86	0.035	0.123	0.0276	0.01	-2.79
85	88	0.02	0.102	0.0276	0	-2.79
85	89	0.0239	0.173	0.047	0	-4.75
86	87	0.02828	0.2074	0.045	0.01	-4.56
88	89	0.0139	0.0712	0.0193	0	-1.94
89	90	0.0518	0.188	0.0528	0.05	-5.03
89	90	0.0238	0.0997	0.106	0.09	-10.11
89	90	0.0518	0.188	0.0528	0.05	-5.03
89	92	0.0099	0.0505	0.0548	0	-5.53
89	92	0.0393	0.1581	0.0414	0	-4.19
89	92	0.0099	0.0505	0.0548	0	-5.53
91	90	0.0254	0.0836	0.0214	0.01	-2.04
91	92	0.0387	0.1272	0.0327	0.17	-2.69
92	93	0.0258	0.0848	0.0218	0.01	-2.19
92	94	0.0481	0.158	0.0406	0.01	-4.11
92	100	0.0648	0.295	0.0772	0.01	-7.88
92	102	0.0123	0.0559	0.0146	0	-1.47
93	94	0.0223	0.0732	0.0188	0	-1.92
94	95	0.0132	0.0434	0.0111	0	-1.14
94	96	0.0269	0.0869	0.023	0	-2.37
94	100	0.0178	0.058	0.0604	0	-6.22
95	96	0.0171	0.0547	0.0147	0	-1.51
96	97	0.0173	0.0885	0.024	0.03	-2.34

From Bus	To Bus	R	X	C	MW Loss	Mvar Loss
98	100	0.0397	0.179	0.0476	0.03	-4.85
99	100	0.018	0.0813	0.0216	0.01	-2.16
100	101	0.0277	0.1262	0.0328	0	-3.38
100	103	0.016	0.0525	0.0536	0.03	-5.41
100	104	0.0451	0.204	0.0541	0.02	-5.41
100	106	0.0605	0.229	0.062	0.06	-6.06
101	102	0.0246	0.112	0.0294	0	-3
103	104	0.0466	0.1584	0.0407	0.01	-4.09
103	105	0.0535	0.1625	0.0408	0.02	-4.06
103	110	0.0391	0.1813	0.0461	0.08	-4.2
104	105	0.0099	0.0378	0.0099	0	-0.98
105	106	0.014	0.0547	0.0143	0.01	-1.37
105	107	0.053	0.183	0.0472	0.35	-3.29
105	108	0.0261	0.0703	0.0184	0.02	-1.79
106	107	0.053	0.183	0.0472	0.28	-3.5
108	109	0.0105	0.0288	0.0076	0.01	-0.73
109	110	0.0278	0.0762	0.0202	0.03	-1.89
110	111	0.022	0.0755	0.02	0.02	-1.85
110	112	0.0247	0.064	0.062	0.08	-5.75
114	115	0.0023	0.0104	0.0028	0	-0.26

ตารางที่ ข.2

แสดงข้อมูลการส่งจ่าย โหลดของระบบที่ตำแหน่งต่างๆ (Bus Data) ของระบบ 118 บัส ของ IEEE

Bus	PU Volt	Volt (kV)	Angle (Deg)	Load MW	Load MVR	Gen MW	Gen MVR
1	0.99709	0.997	-1.56	5.41	2.87	-	-
2	0.99635	0.996	-1.4	2.12	0.96	-	-
3	0.99856	0.999	-1.5	4.14	1.06	-	-
4	0.998	0.998	-1.2	3.18	1.27	-2.86	-48.62
5	1.00207	1.002	-1.21	-	-	-	-
6	0.9947	0.995	-1.25	5.52	2.34	1.48	-13
7	0.99506	0.995	-1.25	2.02	0.21	-	-
8	1.015	1.015	-0.9	-	-	-3.09	-78.49
9	1.0517	1.052	-0.66	-	-	-	-
10	1.05	1.05	-0.24	-	-	24.58	-75.24
11	0.99757	0.998	-1.29	7.43	2.44	-	-
12	0.99565	0.996	-1.22	4.99	1.06	18.61	-35
13	1.00076	1.001	-1.43	3.61	1.7	-	-
14	1.00051	1.001	-1.31	1.49	0.11	-	-
15	1.00834	1.008	-1.27	9.55	3.18	1.71	-10
16	1.00124	1.001	-1.28	2.65	1.06		
17	1.01031	1.01	-1.07	1.17	0.32		
18	1.00456	1.005	-1.1	6.37	3.61	5.8	-16
19	1.00807	1.008	-1.23	4.78	2.65	1.65	-8
20	1.01216	1.012	-1.28	1.91	0.32	-	-
21	1.01353	1.014	-1.2	1.49	0.85	-	-
22	1.01396	1.014	-1.01	1.06	0.53	-	-
23	1.01065	1.011	-0.55	0.74	0.32	-	-
24	0.992	0.992	-0.32	-	-	-3.18	-45.76

Bus	PU Volt	Volt (kV)	Angle (Deg)	Load MW	Load MVR	Gen MW	Gen MVR
25	1.05	1.05	-0.32	-	-	18.42	64.83
26	1.015	1.015	-0.16	-	-	23.06	-17.12
27	0.968	0.968	-0.47	6.58	1.38	-2.72	-75.65
28	0.96817	0.968	-0.6	1.8	0.74	-	-
29	0.96738	0.967	-0.63	2.55	0.42	-	-
30	1.00586	1.006	-0.85	-	-	-	-
31	0.967	0.967	-0.58	4.56	2.87	0.97	-62.93
32	0.97772	0.978	-0.54	6.26	2.44	5.58	-14
33	1.01918	1.019	-1.4	2.44	0.96	-	-
34	1.02889	1.029	-1.32	6.26	2.76	1.38	-8
35	1.0274	1.027	-1.3	3.5	0.96	-	-
36	1.02718	1.027	-1.29	3.29	1.8	5.98	-8
37	1.0289	1.029	-1.29	-	-	-	-
38	0.99516	0.995	-0.94	-	-	-	-
39	0.99145	0.991	-0.83	2.7	1.1	-	-
40	0.97	0.97	-0.45	2	2.3	-1.81	-86.09
41	0.97401	0.974	-0.54	3.7	1	-	-
42	0.985	0.985	-0.48	3.7	2.3	0.76	-34.38
43	1.03866	1.039	-1.49	1.8	0.7	-	-
44	1.04253	1.043	-1.33	1.6	0.8	-	-
45	1.03172	1.032	-1.02	5.3	2.2	-	-
46	1.005	1.005	-0.18	2.8	1	7.5	-61.55
47	1.02241	1.022	-0.43	3.4	0	-	-
48	1.02744	1.027	-0.59	2	1.1	-	-
49	1.025	1.025	-0.48	8.7	3	18.95	23.55
50	1.01075	1.011	-0.43	1.7	0.4	-	-
51	0.99176	0.992	-0.32	1.7	0.8	-	-

Bus	PU Volt	Volt (kV)	Angle (Deg)	Load MW	Load MVR	Gen MW	Gen MVR
52	0.9866	0.987	-0.29	1.8	0.5	-	-
53	0.96976	0.97	-0.07	2.3	1.1	-	-
54	0.955	0.955	0.29	11.3	3.2	13.3	-176.39
55	0.96081	0.961	0.19	6.3	2.2	8.08	-8
56	0.96131	0.961	0.17	8.4	1.8	3.72	-8
57	0.98318	0.983	-0.16	1.2	0.3	-	-
58	0.9793	0.979	-0.16	1.2	0.3	-	-
59	0.985	0.985	-0.33	27.7	11.3	13.4	-38.39
60	0.99567	0.996	-0.26	7.8	0.3	-	-
61	0.995	0.995	-0.19	-	-	12.5	-45.1
62	1.00171	1.002	-0.27	7.7	1.4	4.42	-20
63	0.97298	0.973	-0.21	-	-	-	-
64	0.98637	0.986	-0.21	-	-	-	-
65	1.005	1.005	-0.23	-	-	25.91	51.41
66	1.05	1.05	-0.45	3.9	1.8	18.15	48.38
67	1.02848	1.028	-0.47	2.8	0.7	-	-
68	1.003	1.003	-0.18	-	-	-	-
69	1.035	1.035	0	-	-	42.64	-108.84
70	1.0137	1.014	-0.38	6.6	2	4.39	-10
71	1.00191	1.002	-0.33	-	-	-	-
72	0.98	0.98	-0.12	-	-	-0.66	-22.24
73	0.991	0.991	-0.32	-	-	-4.09	-23.62
74	1.02549	1.025	-0.67	6.8	2.7	0.5	-6
75	1.02741	1.027	-0.57	4.7	1.1	-	-
76	1.02395	1.024	-0.51	6.8	3.6	4.94	-8
77	1.03348	1.033	-0.38	6.1	2.8	9.01	-20
78	1.03532	1.035	-0.46	7.1	2.6	-	-

Bus	PU Volt	Volt (kV)	Angle (Deg)	Load MW	Load MVR	Gen MW	Gen MVR
79	1.03982	1.04	-0.53	3.9	3.2	-	-
80	1.04	1.04	-0.4	13	2.6	25.21	-6.62
81	0.99615	0.996	-0.24	-	-	-	-
82	1	1	0.04	5.4	2.7	3.49	-109.37
83	1.00549	1.005	-0.06	2	1	-	-
84	1.0066	1.007	-0.04	1.1	0.7	-	-
85	1.00669	1.007	0.03	2.4	1.5	2.59	-8
86	1.01198	1.012	0.18	2.1	1	-	-
87	1.015	1.015	0.78	-	-	5.29	-1.53
88	1.00587	1.006	-0.04	4.8	1	-	-
89	1.005	1.005	0.12	-	-	24.69	0.8
90	0.985	0.985	0.02	7.8	4.2	-4.93	-38.64
91	0.98	0.98	0.1	-	-	-4.79	-28.13
92	1.00743	1.007	0	6.5	1	8.43	-3
93	1.01188	1.012	-0.17	1.2	0.7	-	-
94	1.01499	1.015	-0.25	3	1.6	-	-
95	1.01465	1.015	-0.33	4.2	3.1	-	-
96	1.01588	1.016	-0.3	3.8	1.5	-	-
97	1.02824	1.028	-0.39	1.5	0.9	-	-
98	1.03298	1.033	-0.45	3.4	0.8	-	-
99	1.01	1.01	-0.23	-	-	-5.63	-26.04
100	1.017	1.017	-0.12	3.7	1.8	15.61	17.13
101	1.01419	1.014	-0.19	2.2	1.5	-	-
102	1.01036	1.01	-0.09	0.5	0.3	-	-
103	1.01	1.01	-0.01	2.3	1.6	-0.48	4.14
104	1.00248	1.002	0.1	3.8	2.5	3.6	-8
105	1	1	0.14	3.1	2.6	8.35	5.67

Bus	PU Volt	Volt (kV)	Angle (Deg)	Load MW	Load MVR	Gen MW	Gen MVR
106	0.99453	0.995	0.08	4.3	1.6	-	-
107	0.952	0.952	0.71	2.8	1.2	0.17	-54.79
108	0.99489	0.995	0.32	0.2	0.1	-	-
109	0.99247	0.992	0.4	0.8	0.3	-	-
110	0.98549	0.985	0.67	3.9	3	1.82	-8
111	0.98	0.98	1.01	-	-	5.1	-9.55
112	0.975	0.975	1.04	2.5	1.3	5.47	-18.74
113	0.993	0.993	-0.6	-	-	10.39	-29.92
114	0.97372	0.974	-0.57	0.85	0.32	-	-
115	0.973	0.973	-0.57	2.34	0.74	-	-
116	1.005	1.005	-0.19	-	-	2.12	40.64
117	0.99507	0.995	-1.25	2.12	0.85	-	-
118	1.0255	1.025	-0.59	3.3	1.5	-	-

ผลงานวิชาการ

Optimal Placement of Biomass Power Plant

S. Sakuldee¹, C. Chokpanyasuwan², S. Anantasate² and P. Bhasaputra²

¹ Department of Chemical Engineering,

² Department of Electrical Engineering,

Faculty of Engineering, Thammasat University, Thailand

Abstract

In this paper, the local search method is presented to find optimal location and size of biomass power plant to minimize total power loss subject to power balance constraints, active and reactive power generation limits, voltage limits and transmission line limits. The simulation results on the 7 bus system indicate that a biomass power plant can reduce the total power loss up to 13.76%, when the load factor is 1.20. Moreover, the annual energy consumption reduces from 150,665.00 GWh to 146,791.80 GWh that is 2.57% of reduction, when a biomass power plant is placed at bus 3 with rating of 5% of the active power demand.

Keywords: biomass, optimal placement and distributed generation

1. Introduction

The history of electric power generation system has been derived from large central station plants due to the economies of scale [1]. Fossil fuel plants have represented the majority of this power generation. According to tradition, there was strong yearly demand growth, which was stable 6.0-7.0% and more. Environmental issues and the oil crisis began to introduce new problems for the

power industry in 1970s and recent year.

By the 1980s, these factors and changes in the economy had led to much smaller demand growth around 1.6-3.0 % [2]. Simultaneously, investment cost of transmission and distribution have grown from a historical level of 25% to around 150% of investment costs of generation and now represent almost two thirds of the capital expenditure budget for the utility industry. Thus, as a result of the

reduced demand growth, increased investment costs of transmission and distribution, intensified environmental concerns and various regulatory and technological improvement, large central station plants are often impractical. The utility industry's generation paradigm is shifting from economies of scale to something that has been coined economies of mass production [3]. Distributed generation (DG) is electricity generation sited close to the load it serves and affect the electric power system at the system and , more directly, at the distribution level. Power system deregulations have led to increased interest in distributed generation sources.

Renewable electricity generation has emerged as one of the favored options for dealing with fossil fuel depletion, green house gas emissions and subsequent adverse effects like global warming. As an outcome of the Kyoto protocol, one of the Thailand objectives is to increase the contribution of renewable energy sources to 12% of the total energy supplied by 2010. There are many types of renewable power plant. The contribution of renewable

energy to electricity generation is shown in Table 1. Biomass is highest potential of renewable power plant, which the accumulative installed capacity is 2,223.8 MW, 6,475.8 MW and 13,288.8 MW in 2005, 2011 and 2016, respectively.

Table 1: Contribution of renewable energy generation in Thailand

Energy source	Installed capacity (MW _e)			GWh Production		
	2005	2011	2016	2005	2011	2016
National total	26,400	37,443	48,000	134,826	197,482	259,659
Biomass						
• Ethanol	-	-	-	-	-	-
• Biodiesel	-	-	-	-	-	-
• Residues for Heat						
• Residues for Power	2,191	3,229	4,938	9,596	14,143	21,628
• Short rotation plants	0	519	1,298	0	3,182	7,955
• Biogas for H&P	28.8	181	193	227	1,475	1,580
• Solid wastes for H&P	4	323	384	33	2,688	3,196
Small hydro	53	338	338	204	1,308	1,308
Wind	0.19	194	1,783	0	255	2,343
Solar						
• PV	26	60	120	36	84	168
• SWH (Fuel Oil Equivalent)	-	-	-	-	-	-
• Dryer	-	-	-	-	-	-
Sub-total	2,303	4,844	9,054	10,096	23,135	38,178
%NRE	8.7%	12.9%	18.9%	7.5%	11.7%	14.7%

Source: Energy Policy and Planning Office, Ministry of Energy, Thailand

Proper location and capacity of biomass power plant is important for obtaining their maximum potential benefits. This paper proposes the local search method to minimize the total power losses.

The options for conversion of biomass into electricity are combustion, gasification, integrated gasification combined cycle (IGCC) and parolysis [4]. The biomass can be converted into

producer gas by gasification (partial combustion). Thermo chemical gasification involves burning the biomass with insufficient air so that complete combustion does not occur, and producer gas is formed. Producer gas is a mixture of carbon monoxide and hydrogen. Gasifiers are classified as updraft depending on the direction of flow of the biomass and the producer gas. In as downdraft gasifiers, the biomass and the gases are flowing in the same direction. In a typical downdraft gasifiers, the biomass is fed from the top. It passes through gasifiers and undergoes the following sequence of processes – drying, hydrolysis, oxidation and reduction. The gas formed is passed through a cooling and cleaning sub-system that usually consists of a cyclone for particulates removal and a scrubber for cooling and cleaning the gas (removing the tar). Some ash is formed from the oxidation reactions. The ash moves through the reduction zone and gets removed from the ash disposal system (grate and ash collection system).

This paper proposes the local search method to indicate the optimal

placement and size of biomass power plant to minimize the total power loss on the 7 bus system subject to power balance constraints, active and reactive power generation limits, voltage limits, and transmission line limits.

2. Problem Formulation

The problem is formulated as:

$$\text{Minimize } P_L = \sum_{k=1}^{NL} (P_{ij} + P_{ji}) \quad (1)$$

Subject to

$$P_i = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N |V_i| |V_j| |Y_{ij}| \cos(\theta_{ij} - \delta_{ij}) \quad (2)$$

$$Q_i = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N |V_i| |V_j| |Y_{ij}| \sin(\theta_{ij} - \delta_{ij}) \quad (3)$$

$$P_{Gi,\min} \leq P_{Gi} \leq P_{Gi,\max}, \quad \forall i \in NG \quad (4)$$

$$Q_{Gi,\min} \leq Q_{Gi} \leq Q_{Gi,\max}, \quad \forall i \in NG \quad (5)$$

$$|S_{Li}| \leq S_{Li,\max}, \quad \forall i \in NL \quad (6)$$

$$V_{i,\min} \leq |V_i| \leq V_{i,\max}, \quad \forall i \in N \quad (7)$$

Where:

P_{ij} is the real power flow from bus i to bus j ,

P_{ji} is the real power flow from bus j to bus i ,

P_i is the real power at bus i ,

Q_i is the reactive power at bus i ,

P_{Gi} is the real power generation at generator number i ,

Q_{Gi} is the reactive power generation at generator number i ,

$|V_i|$ is the voltage magnitude at bus i

$|V_j|$ is the voltage magnitude at bus j

θ_{ij} is the angle of the ij element in Y_{bus} ,

Y_{ij} is the ij element in Y_{bus} ,

δ_{ij} is the voltage angle difference between bus i and bus j ,

Sl_i is the power flow in line number i .

3. Local search method

In order to determine the optimal placement of biomass power plant on the 7 bus system, the local search method is proposed to minimize the power loss for a given loading level. The procedure of the local search method is as follow:

1. Evaluate the total power loss of the system without biomass power plant by using Power World Simulator.

2. Generate the set of feasible solutions for a given loading level.

3. Evaluate the total power loss of the system with biomass power plant for the set of feasible solutions by using Power World Simulator.

4. Find the optimal solution for a given loading level.

4. Simulation Results

The topology of the 7 bus system is shown in the Appendix. One biomass power plant is considered with varying rating of 1, 5, 10 and 15% of the active power for a given loading level. The total system power loss is obtained from the results of the power flow studies when a biomass power plant is placed at the different bus.

There are four case studies, that nominal load factor corresponds to an active power demand of 200 MW and a reactive power demand of 130 MVar, which are simulated and studied for assessing the benefits of biomass power plant as proposed in this paper. For each case, the influence of varying ratings and locations of biomass power plant are investigated. The details of case studies are as follows:

Case 1: Total power loss without biomass power plant when load factor is 1.00;

Case 2: Total power loss with a biomass power plant when load factor is 1.00;

Case 3: Total power loss with a biomass power plant when load factor is 0.80;

Case 4: Total power loss with a biomass power plant when load factor is 1.20;

The simulation result of system without biomass power plant (Case 1) is shown in Table 2. The total power loss is 1.440 MW, 1.610 MW and 1.890 MW when loading level is 0.80, 1.00 and 1.20, respectively.

Table 2: Total power loss of the 7 bus system without biomass power plant

Load factor	Total power Loss (MW)
80%	1.440
100%	1.610
120%	1.890

Figure 1 shows the power loss of the 7 bus system with biomass power plant when load factor is 1.00. The minimum total power loss is achieved when biomass power plant is placed at bus 3 with rating of 5% of the active

power demand. The power loss is reduced from 1.610 MW to 1.520 or 5.59% when a biomass is installed that shows in Table 3.

Figure 2 shows the power loss of the 7 bus system with biomass power plant when load factor is 0.80. The minimum total power loss is achieved when biomass power plant is placed at bus 3 with rating of 1% of the active power demand. The power loss is increased from 1.440 MW to 1.460 or 1.37% when a biomass is installed that shows in Table 3.

Figure 3 shows the power losses of the 7 bus system with biomass power plant when load factor is 1.20. The minimum total power loss is achieved when biomass power plant is placed at bus 3 with rating of 15% of the active power demand. The power loss is reduced from 1.890 MW to 1.630 or 13.75% when a biomass is installed that shows in Table 3.

The summary results of power loss with biomass power plant for various loading level is concluded in Figure 4. The results show that the first two ranks of the optimal placement of biomass power

plant are bus 3 and bus 4, so the other one biomass power plant should be placed at bus 4.

The simulation results of each case are shown in Table 3. If a biomass power plant is placed in the wrong location, the total power loss increases to 4.400 MW, 4.130 MW and 4.150 MW when load factor is 0.80, 1.00 and 1.20, respectively.

The optimal location of installed biomass power plant is very important to reduce the total power loss. Improper location of biomass power plant to be installed into the system will generate a increasing of the total power loss. It is observed that the optimal biomass power plant rating, while system under loading, is smaller than that when system overloading.

Table 3: Summary results of the total power loss of the 7 bus system with biomass power plant for various loading level

Parameter	Best case	Worst case
Case 2		
DG Location	Bus 3	Bus 2
DG Size	5%	15%
System Loss	1.520	4.130
Case 3		
DG Location	Bus 3	Bus 2
DG Size	1%	15%
System Loss	1.460	4.400
Case 4		
DG Location	Bus 3	Bus 2
DG Size	15%	15%
System Loss	1.630	4.150

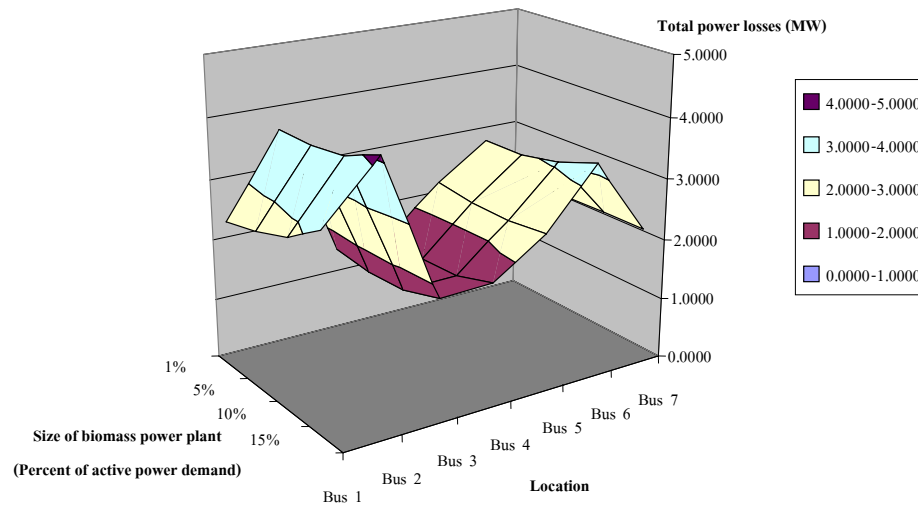


Figure 1: Power loss of the 7 bus system with biomass power plant when load factor is 1.00

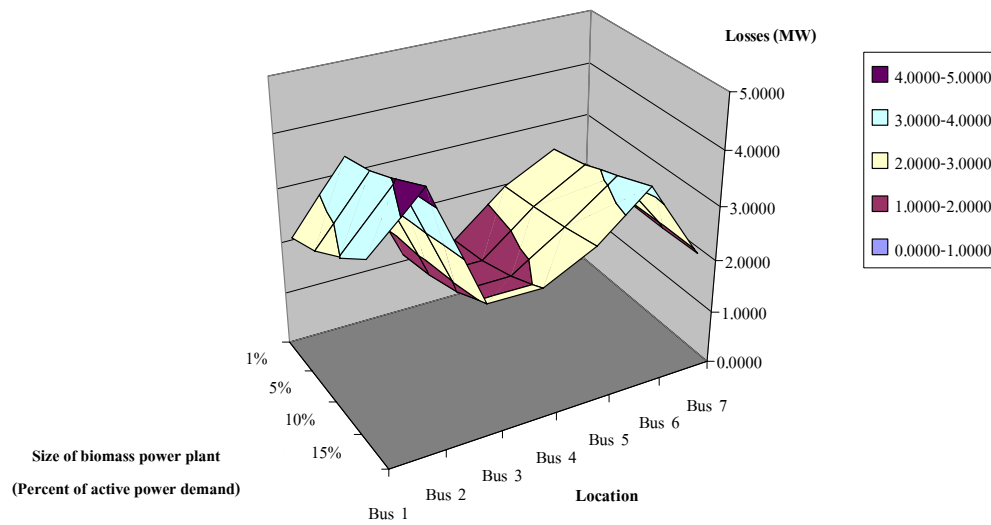


Figure 2: Power loss of the 7 bus system with biomass power plant when load factor is 0.80

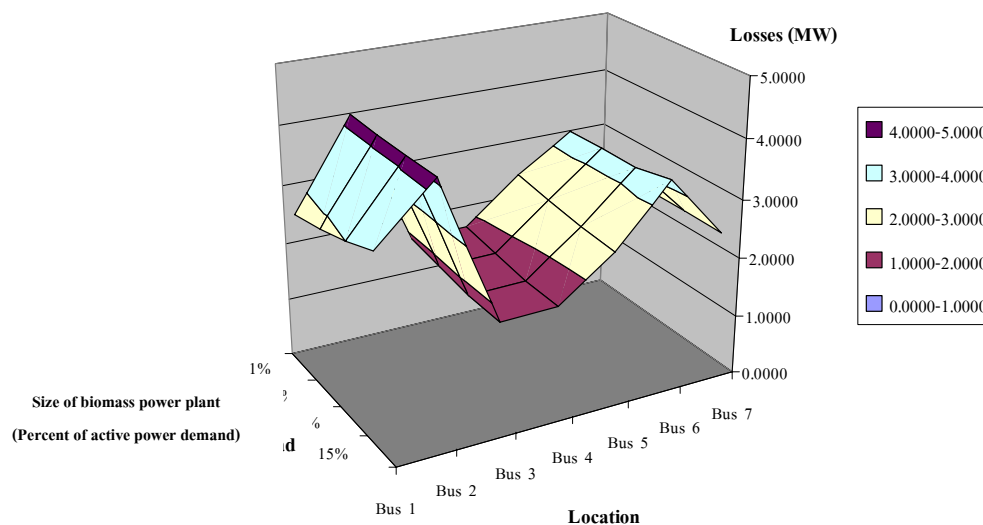


Figure 3: Power loss of the 7 bus system with biomass power plant when load factor is 1.20

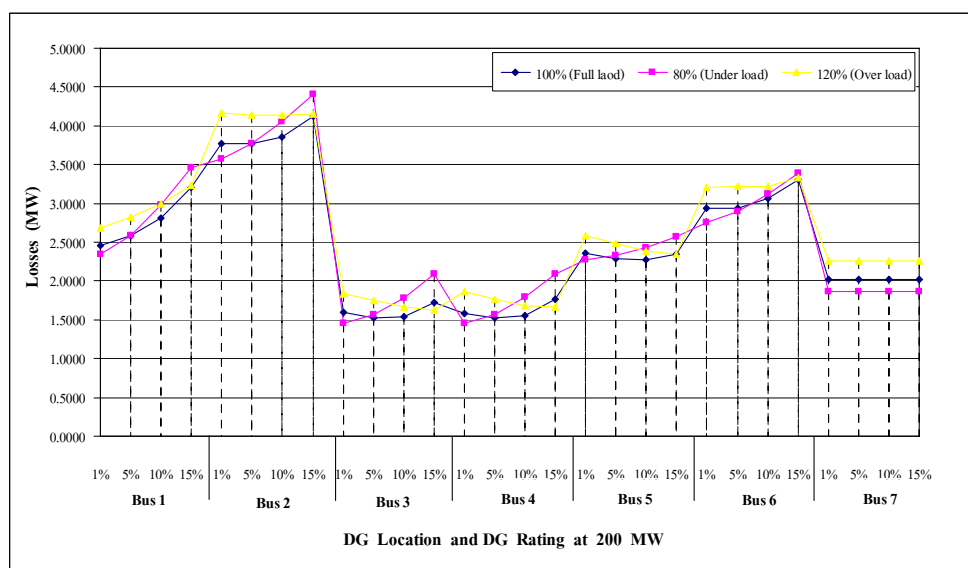


Figure 4: Summary results of power loss of the 7 bus system with biomass power plant for various loading level

The yearly load duration curve is modeled to evaluate the annual power loss on the 7 bus system with optimally placed of a biomass power plant. Figure 5 shows the yearly load duration curve, which indicates that the load factor is 1.20, 1.00 and 0.80 in 1,314, 5,256 and 2,190 hours per year, respectively. The annual energy consumption with optimally placed of biomass power plant is evaluated by equation (8) to compare with the annual energy consumption without biomass power plant, the annual energy consumption reduces from 150,665.00 GWh to 146,791.80 GWh that is 2.57% of reduction.

$$\sum_{i=1}^N (P_i \times T_i) \quad (8)$$

Where:

P_i is the total active power for the i^{th} loading level [MW],

T_i is the total operating time for the i^{th} loading level [hours],

n is the number of loading level.

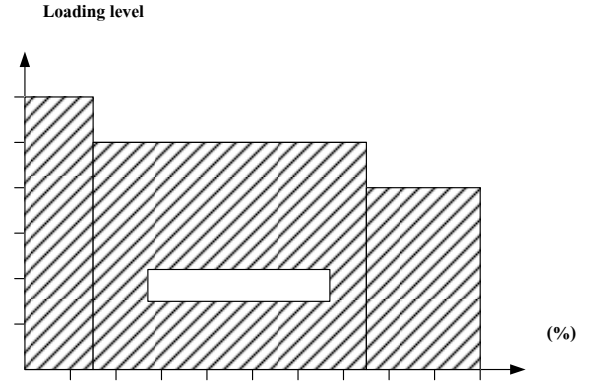


Figure 5: Annual yearly load duration curve

5. Conclusion

In this paper, a local search optimization for optimal placement of biomass power plant is efficiently minimizing the total power loss satisfying transmission line limits and constraints. Furthermore, a biomass power plant can reduce the annual energy consumption from 150,665.00 GWh to 146,791.80 GWh that is 2.57% of reduction when it is placed at bus 3 on the 7 bus system with rating of 5% of the active power demand. Biomass power plant regulating reliability and transient stability will be considered in future work.

Appendix

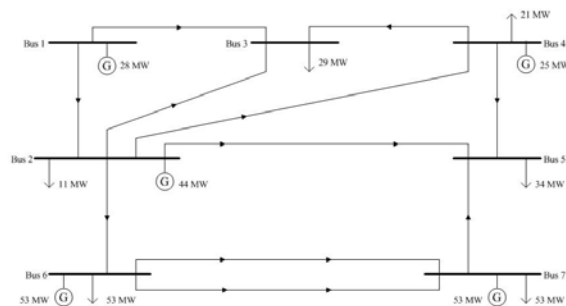


Figure A: Topology of the 7 bus system

References

- [1] Willis H.L. and Scott W.G., Distributed power generation, New York, Marcel Dekker, 2000.
- [2] Brown R.E., Reliability assessment and design optimization in electric power distribution systems, University of Washington, Ph.D. Dissertation, May 28, 1996.
- [3] Lamarre L., The vision of distributed generation, EPRI Journal, pp. 7-17, 1993.
- [4] Jurado F., Ortega M., Cano A., and Carpio J., Biomass gasification, gas turbine and diesel engine, Energy Sources, Vol. 23, No. 10, pp. 897-905, 2001.

Authors

S.Sakuldee. He is a Master student in the department of chemical engineering at Thammasat University, His research interests are in the field of renewable energy system

C.Chokpanyasuwan. received the M.Eng (Engg) degree in electrical engineering from Kasetsart University, Thailand in 2000, currently he is a doctoral student in department of electrical engineering at Thammasat University, His research interests are in the field of renewable energy system, distributed generation and power system analysis and planning

S. Anantasate. received the M.Eng (Engg) degree in electrical engineering from Kasetsart University, Thailand in 2002, currently he is a doctoral student in department of Electrical Engineering at Thammasat University, His research interests are in the field of renewable energy system, distributed generation, power economic and planning power system

Optimal Placement of Biomass Power Plant by Tabu Search Approach

สดดี สกุดดี¹ และ พระพีพัฒน์ ภาสบุตร²

¹ภาควิชาวิศวกรรมเคมี สาขาเทคโนโลยีการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

²ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

บทคัดย่อ

บทความฉบับนี้ได้นำเสนอวิธีการค้นหาแบบตาบูลูเพื่อหาจำนวน และตำแหน่งของโรงไฟฟ้าชีวมวล และลดการสูญเสียความสมดุลของกำลังไฟฟ้า กำลังไฟฟ้าเสมือน และกำลังไฟฟ้าจริง และขีดจำกัดแรงดันไฟฟ้า จากผลการจำลองระบบกำลังไฟฟ้า 118 บัส (IEEE 118 bus system) โดยใช้วิธีตาบูลู เป็นตัวประมวลผลหาค่าที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งจากการจำลองบนระบบไฟฟ้ากำลัง 118 บัส ของ IEEE แสดงให้เห็นว่าตำแหน่งที่เหมาะสมของโรงไฟฟ้า ชีวมวลสามารถลดการสูญเสียกำลังไฟฟ้าในระบบจาก 12.18 เมกกะวัตต์ เป็น 9.59 และ 8.27 เมกกะวัตต์ หรือลดลง 21.26 % และ 32.10 % ถูกติดตั้งในตำแหน่งที่เหมาะสมจำนวน 1 และ 2 โรง

คำสำคัญ : การค้นหาแบบตาบูลู, โรงไฟฟ้าชีวมวล, กำลังไฟฟ้าสูญเสีย

Abstract

This paper presents the Tabu Search (TS) algorithm for finding the optimal number and location of biomass power plants to minimize the total power loss subject to power balance constraints, active and reactive power generation and voltage limits. The simulation results on the IEEE 118 bus system indicate that optimal allocation of Biomass power plant can significantly reduce the system losses from 12.18 MW to 9.59 and 8.27 MW or about 21.26 % and 32.10 % , when optimally placed biomass power plant are installed 1 and 2 plant(s) , respectively.

Keywords : Tabu Search , Biomass Power Plant , Power Loss

1. บทนำ

การผลิตพลังงานไฟฟ้ามาจากโรงงานไฟฟ้าขนาดใหญ่ โดยใช้พลังงานฟอสซิลผลิตพลังงานไฟฟ้าเป็นส่วนใหญ่ (H.L.Willis,2000) ซึ่งปัจจุบันภาคอุตสาหกรรมขนาดใหญ่มีความต้องการเพิ่มขึ้นทุกปีคือ 6 - 7 % โดยประเด็นเรื่องสิ่งแวดล้อมและวิกฤติน้ำมันเริ่มสร้างปัญหาใหม่ให้กับอุตสาหกรรมพลังงาน และการเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจ ในขณะเดียวกันค่าใช้จ่ายในการลงทุนสำหรับการส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นจาก 25% เป็นประมาณ 150 % ของค่าใช้จ่ายในการลงทุนของการผลิตพลังงานไฟฟ้า และปัจจุบันมีสัดส่วนที่เพิ่มสูงขึ้นเป็นสองในสามของงบประมาณค่าใช้จ่ายในการลงทุนของอุตสาหกรรม ดังนั้น ค่าใช้จ่ายในการลงทุนสำหรับการส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มสูงขึ้นรวมไปถึงปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่เพิ่มขึ้น

การผลิตไฟฟ้าแบบกระจาย (DG) (Nares A. ,2006) , (Mithulanathan N. ,2004) เป็นการผลิตไฟฟ้าที่ใกล้กับศูนย์กลางความต้องการพลังไฟฟ้า ถ้าหากมีการหาตำแหน่งของการติดตั้งโรงผลิตไฟฟ้าแบบกระจายที่เหมาะสมจะทำให้ลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบได้ (Caisheng W ,2004)

พลังงานหมุนเวียนเป็นทางเลือกในการลดการใช้พลังงานจากฟอสซิลที่ปล่อย

ก๊าซเรือนกระจก จึงส่งผลกระทบต่อภาวะโลกร้อน ทำให้การวางแผนระดับนโยบายของประเทศได้ตั้งเป้าหมาย เพื่อเพิ่มการสนับสนุนแหล่งพลังงานหมุนเวียนให้ได้ถึง 12 % ของปริมาณการใช้พลังงานทั้งหมดภายในปี 2010 อย่างไรก็ตามพลังงานหมุนเวียนที่มีอยู่หลายประเภทในเครือข่ายพลังงานของประเทศไทยดังแสดงในตาราง 1

ตารางที่ 1 การสนับสนุนการใช้พลังงานหมุนชีวมวลในประเทศไทย

แหล่งพลังงาน	กำลังผลิต (MW _e)		
	2005	2011	2016
- กากสำหรับพลังงาน	2,191	3,229	4,938
- พืชหมุนเวียนระยะสั้น	0	519	1,298
- ก๊าซชีวภาพ (ความร้อน)	28.8	181	193
- ชยะ (ความร้อน)	4	323	384
รวม	2,224	4,252	6,813

ที่มา : สำนักงานนโยบายแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน

จะพบว่า ชีวมวลเป็นแหล่งพลังงานที่มีศักยภาพสูงในการนำมาผลิตไฟฟ้า กล่าวคือ มีกำลังการผลิตอยู่ที่ 2,224 เมกกะวัตต์ , 4,252 เมกกะวัตต์ และ 6,813 เมกกะวัตต์ ในปี 2005, 2011 และ 2016 ตามลำดับ ดังนั้นแนวคิดในการติดตั้งโรงไฟฟ้า ชีวมวลได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก

บทความนี้นำเสนอเทคนิคในการค้นหาจำนวน และตำแหน่งที่เหมาะสมของ

โรงไฟฟ้าชีวมวลในระบบ 118 บัส ของ IEEE เพื่อลดการสูญเสียกำลังให้น้อยที่สุดตามเงื่อนไขความสมดุลของกำลังไฟฟ้า การผลิตกำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้าเสมือน และ ข้อ จำกัด แรงดันไฟฟ้า (S.Sakuldee,2008) โดยใช้เทคนิคสำหรับการใช้ในการค้นหาตำแหน่งที่เหมาะสมสำหรับการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลโดย การค้นหาด้วยวิธีตาม

2. หลักการพื้นฐาน

กำลังไฟฟ้าสูญเสียของ k สามารถคำนวณได้ในสมการ

$$P_{Lk} = g_k [|V_i|^2 + |V_j|^2 - 2|V_i||V_j|\cos(\theta_i - \theta_j)]$$

$$k = 1, \dots, N_l \quad (1)$$

เมื่อมีการกำหนดสมการดังนี้

$$\text{Minimize } P_L = \sum_{k=1}^{N_l} P_{Lk} \quad (2)$$

เงื่อนไขสมการ :

$$P_i = \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^N |V_i||V_j|Y_{ij}\cos(\theta_{ij} - \delta_{ij}) \quad (3)$$

$$Q_i = \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^N |V_i||V_j|Y_{ij}\sin(\theta_{ij} - \delta_{ij}) \quad (4)$$

$$P_{Gi,\min} \leq P_{Gi} \leq P_{Gi,\max}, \forall i \in NG \quad (5)$$

$$Q_{Gi,\min} \leq Q_{Gi} \leq Q_{Gi,\max}, \forall i \in NG \quad (6)$$

$$|S_i| \leq S_{i,\max}, \forall i \in N_l \quad (7)$$

$$V_{i,\min} \leq V_i \leq V_{i,\max}, \forall i \in N \quad (8)$$

$$G_{\max} = 10 \text{ MW} \quad (9)$$

เมื่อ

P_{Lk} : กำลังไฟฟ้าสูญเสียของสายส่งที่ k ,

g_k : ความนำไฟฟ้าของสายส่งที่ k ,

$|V_i|$: ขนาดแรงดันไฟฟ้าที่บัส i ,

$|V_j|$: ขนาดแรงดันไฟฟ้าที่บัส j ,

θ_i : ขนาดมุมเฟสของแรงดันที่บัส i ,

θ_j : ขนาดมุมเฟสของแรงดันที่บัส j ,

P_L : กำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบ,

N_l : เซตของดัชนีสายส่ง,

P_i : กำลังไฟฟ้าจริงที่บัส i ,

Q_i : กำลังไฟฟ้าเสมือนที่บัส i ,

P_{Gi} : กำลังไฟฟ้าจริงที่ผลิตจากบัส i ,

Q_{Gi} : กำลังไฟฟ้าเสมือนที่ผลิตจากบัส i ,

S_i : กำลังไฟฟ้าปรากฏที่ไหลในสายส่งที่ i ,

θ_{ij} : ขนาดมุมขององค์ประกอบที่ ij ใน Y_{bus} ,

Y_{ij} : ขนาดขององค์ประกอบที่ ij ใน Y_{bus} ,

δ_{ij} : มุมที่แตกต่างของแรงดันระหว่างบัส i และบัส j ,

NG : เซตของดัชนีโรงไฟฟ้า,

N : เซตของดัชนีระบบบัส,

$G_{\max}$: กำลังการผลิตสูงสุดของโรงไฟฟ้าชีวมวล

3. การค้นหาแบบตาม

การใช้ตามในการหาตำแหน่งโรงไฟฟ้าชีวมวล วิธีการค้นหาแบบตาม (J.A.Bland, 1991) เป็นขั้นตอนที่ถูกประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาเกี่ยวกับการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดได้อย่างมีประสิทธิภาพการค้นหาแบบตามมีความสามารถที่จะหลีกเลี่ยงการให้คำตอบสุดท้ายที่เป็นค่าเหมาะสมที่สุดเฉพาะถิ่น (Local optimum) และยังสามารถดำเนินการค้นหาคำตอบ

ต่อไปเรื่อยๆจนกระทั่งได้ค่าใกล้เคียงกับค่าเหมาะสมที่สุดทั่วไป (Global optimum)

หลักการพื้นฐานของการค้นหาแบบตามูแตกต่างจากการค้นหาแบบธรรมดา คือ มีการเพิ่มรายการตามู และ เกณฑ์ความปรารถนา (Tabu list and Aspiration) ที่ทำให้การค้นหาเสร็จสิ้นได้เร็วขึ้น ขั้นตอนการดำเนินการค้นหาตำแหน่งที่เหมาะสมในการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลโดยวิธีตามูสามารถอธิบายได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ทำการสุ่มคำตอบเริ่มต้น และเก็บค่าดังกล่าวไว้ที่ คำตอบปัจจุบัน (current solution) กับคำตอบที่ดีที่สุด (best solution)

ขั้นตอนที่ 2 กำหนด Tabu list (TL) ให้เป็นเซตว่าง , ดัชนีจำนวนรอบ (k) ให้เป็น 1 และกำหนดระดับการทะยาน (aspiration level ; AL) ด้วยค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของคำตอบที่ดีที่สุด

ขั้นตอนที่ 3 ทำการสุ่มคำตอบใกล้เคียง (neighborhood solution) จากคำตอบปัจจุบันจำนวน M คำตอบ แล้วคำนวณฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของคำตอบใกล้เคียงทั้งหมด จากนั้นเก็บไว้ในเซตของคำตอบใกล้เคียงตามลำดับของค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์

ขั้นตอนที่ 4 กำหนดดัชนีคำตอบใกล้เคียง (k_n) ให้เป็น 1

ขั้นตอนที่ 5 ถ้าค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของคำตอบใกล้เคียงตำแหน่ง k_n ดีกว่าคำตอบที่ดีที่สุด ให้ทำการเก็บค่าคำตอบใกล้เคียงนั้น ที่ตำแหน่งที่ดีที่สุด

ขั้นตอนที่ 6 ทำการตรวจสอบ คำตอบที่ใกล้เคียงตำแหน่งที่ k_n กับคำตอบใน TL ถ้าไม่พบให้เพิ่มใน TL โดยลักษณะการเข้าก่อนออกก่อน จากนั้นกำหนดให้เป็นคำตอบปัจจุบันของรอบถัดไป (k+1) และไปที่ขั้นตอนที่ 9 พร้อมกำหนด AL ด้วยค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของคำตอบใกล้เคียงดังกล่าว

ขั้นตอนที่ 7 ทำการตรวจสอบค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของคำตอบใกล้เคียงตำแหน่ง k_n ถ้าดีกว่าค่า AL ให้ทำการปรับปรุงค่า AL ด้วยค่าดังกล่าว แล้วกำหนดให้คำตอบใกล้เคียงเป็นคำตอบปัจจุบันของรอบถัดไป (k+1) จากนั้นไปที่ขั้นตอนที่ 9

ขั้นตอนที่ 8 ตรวจสอบตำแหน่งของ k_n ถ้าครบจำนวนที่กำหนดให้ไปที่ขั้นตอนที่ 9 ไม่เช่นนั้นให้เพิ่ม k_n ขึ้น 1 แล้วกลับไปขั้นตอนที่ 5

ขั้นตอนที่ 9 ตรวจสอบ k ถ้าครบจำนวนที่กำหนด ให้หยุดการทำงาน ไม่เช่นนั้นให้เพิ่ม k ขึ้น 1 แล้วกลับไปขั้นตอนที่ 3

4. การทดสอบและผลการทดสอบ

การทดสอบประสิทธิภาพของวิธีตามูได้ทำบนแบบจำลองระบบ 118 บัส ของ

IEEE ซึ่งระบบมีภาระทางไฟฟ้าเป็น 373.30 เมกกะวัตต์ และ 146.30 เมกกะวาร์ เมื่อยังไม่ติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลเข้าระบบ ซึ่งจะมีกำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบจะมีค่าเท่ากับ 12.18 เมกกะวัตต์ โดยเมื่อทดสอบระบบโดยการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลเข้าไปในตำแหน่งที่เหมาะสมโดยจำลองการต่อเข้าระบบ เป็นสองกรณีดังนี้

4.1.1 ติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลเข้ากับแบบจำลองไฟฟ้ากำลัง 118 บัส จำนวน 1 โรง

4.1.2 ติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลเข้ากับแบบจำลองไฟฟ้ากำลัง 118 บัส จำนวน 2 โรง

จากผลการจำลองการทำงานด้วยโปรแกรม พบว่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียต่ำสุดเมื่อติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลเข้าระบบจำนวน 1 โรง มีค่าเท่ากับ 9.59 เมกกะวัตต์ หรือลดลง 21.26% จากนั้นทำการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลเข้าระบบจำนวน 2 โรง ส่งผลให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียมีค่า 8.27 เมกกะวัตต์ หรือลดลง 32.10 % ดังตารางที่ 3 และพบว่าวิธีตามมีเวลาในการคำนวณเฉลี่ยเท่ากับ 7.12 วินาที และมีเวลาที่ดียิ่งที่สุดเท่ากับ 0.01 วินาที ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงเวลาในการคำนวณด้วยวิธีตาม

วิธีการ	เวลาเฉลี่ย (วินาที)	เวลาที่ดียิ่งที่สุด (วินาที)
TS	7.12	0.01

ตารางที่ 3 แสดงตำแหน่งที่เหมาะสมของโรงไฟฟ้าชีวมวลที่ทำให้กำลังไฟฟ้าต่ำที่สุด

จำนวนโรงไฟฟ้า	กำลังไฟฟ้าสูญเสีย	ตำแหน่งการติดตั้ง	กำลังไฟฟ้าที่ลดลง
(Unit)	(MW)	(Bus)	(%)
ก่อนติดตั้ง	12.18	-	-
1	9.59	54	21.26
2	8.27	25-54	32.10

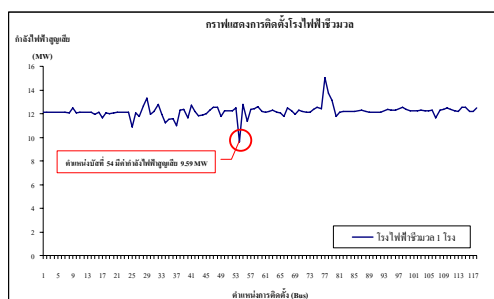
ในทำนองกลับกันถ้ามีการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลในตำแหน่งที่ไม่เหมาะสมแล้วจะทำให้มีกำลังไฟฟ้าสูญเสียภายในระบบเพิ่มมากขึ้น ซึ่งจะทำให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียเพิ่มขึ้นสูงสุดถึง 33.50 % ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงตำแหน่งที่ไม่เหมาะสมของโรงไฟฟ้า ชีวมวลที่ทำให้เกิดกำลังไฟฟ้าสูงที่สุด

จำนวนโรงไฟฟ้า	กำลังไฟฟ้าสูญเสีย	ตำแหน่งการติดตั้ง	กำลังไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น
(Unit)	(MW)	(Bus)	(%)
ก่อนติดตั้ง	12.18	-	-
1	15.06	77	23.65
2	16.26	29-77	33.50

จากผลการจำลองการทำงานโดยการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลในระบบไฟฟ้ากำลัง 118 บัส ของ IEEE นั้น หากมีการติดตั้งที่ตำแหน่งที่เหมาะสมจะทำให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบลดลง โดยที่

ตำแหน่งที่เหมาะสมในการติดตั้งอยู่ในตำแหน่งบัสที่ 54 ของการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลจำนวน 1 โรง แต่ถ้าติดตั้งในตำแหน่งที่ไม่เหมาะสมก็จะทำให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบเพิ่มขึ้น โดยตำแหน่งที่ไม่เหมาะสมในการติดตั้งอยู่ในตำแหน่งบัสที่ 77 ของการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลจำนวน 1 โรง ดังแสดงในรูปภาพที่ 1 และจำนวนของโรงไฟฟ้าชีวมวลที่ติดตั้งจะมีผลต่อกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบด้วย ดังนั้นจะต้องมีการพิจารณาในส่วนของจำนวนของโรงไฟฟ้า ชีวมวลที่จะทำการติดตั้ง และตำแหน่งที่เหมาะสมในการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลควบคู่กันเพื่อลดกำลังไฟฟ้าสูญเสีย



รูปภาพที่ 1 แสดงผลของการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าสูญเสีย เมื่อติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลจำนวน 1 โรง

6. บทสรุป

จากผลการจำลองการทำงานด้วยวิธีการค้นหาแบบตาบอด สามารถช่วยค้นหาตำแหน่งที่เหมาะสมในการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลเพื่อลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบ

ไฟฟ้ากำลังทดสอบ 118 บัส ของ IEEE ซึ่งสามารถลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบได้ 21.26 % หากมีการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลในตำแหน่งที่เหมาะสม ในทำนองกลับกันหากมีการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลในตำแหน่งที่ไม่เหมาะสม ก็จะทำให้มีกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบเพิ่มขึ้น 33.50 % ดังนั้นในบทความนี้สามารถนำมาขยายผลกับระบบไฟฟ้ากำลังภายในประเทศไทย เพื่อลดกำลังการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงฟอสซิล ซึ่งก่อมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่าการใช้พลังงานจากชีวมวล

7. เอกสารอ้างอิง

- H.L.Willis and W.G.Scott, "Distributed power generation," New York, Marcel Dekker, 2000.
- Naresh A. , Pukar M. and Mithulanathan N., An analytical approach for DG allocation in primary distribution network in Electrical Power and Energy Systems International Journal 28 (2006) 669–678
- Mithulanathan N. , Than O. and Le V.P., Distributed Generator Placement in Power Distribution System Using Genetic Algorithm to Reduce Losses in

- Thammasat Int. J . Sc. Tech. Vol.
9, N o. 3, July - September 2004
- Caisheng W. and Hashem Nehrir M.,
Analytical Approaches for
Optimal Placement of
Distributed Generation Sources
in Power Systems in IEEE
Transactions on Power Systems,
Vol. 19, No. 4, November 2004
- S.Sakuldee, C.Chokpanyasuwan, S.Anan
atasate and P. Bhasaputra,
"Optimal Placement of Biomass
Power Plant," Chemical,
Environment and Energy
Engineering Conference, 2008.
- J.A. Bland and G.P. Dawson, Tabu
search and design optimization"
Computer-aided design. Vol.23,
No.3, pp.195-201, 1991

ประวัติการศึกษา

ชื่อ	นายสดุดี สกุลดี
วันเดือนปีเกิด	10 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2526
วุฒิการศึกษา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผลงาน	ประชุมวิชาการวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ เรื่อง “Optimal Placement of Biomass Power Plant” ปีพ.ศ. 2550 ประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยรังสิต เรื่อง “การหาตำแหน่งที่เหมาะสมในการติดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลด้วยการค้นหาแบบตามู” ปีพ.ศ. 2551
ประสบการณ์ทำงาน	วิศวกรไฟฟ้า บริษัทแอ็ดวานซ์ เอนเนอร์ยี เซฟวิ่ง จำกัด