

บทที่ 6

ผลการทดสอบและกรณีศึกษา

ในบทนี้จะแสดงกรณีศึกษาการวิเคราะห์เพื่อหาขนาด, ตำแหน่ง, จำนวน, และประเภทของหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวด้วยวิธีการโปรแกรมเชิงวิวัฒนาการ และใช้โปรแกรม MATLAB ในการวิเคราะห์อัลกอริทึมที่ได้นำเสนอไว้ในบทที่ 5 ซึ่งมีกรณีศึกษาทั้งหมดสี่ระบบทดสอบ ได้แก่ ระบบทดสอบ IEEE 6-bus, ระบบทดสอบ IEEE 30-bus, ระบบทดสอบ IEEE 118-bus, และระบบจำหน่ายจริงของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคขนาด 26 บัส ที่ระดับแรงดัน 22 กิโลโวลท์

6.1 ขอบเขตของระบบทดสอบและกรณีศึกษา

ในการทดสอบอัลกอริทึมกับระบบทดสอบจะกำหนดให้จำนวนของหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวสูงสุดแต่ละชนิดที่สามารถติดตั้งเข้าไปในระบบ โดยวิธีการเวกเตอร์ทดลอง ได้ดังนี้

- (1) ระบบทดสอบ IEEE 6-bus สูงสุดชนิดละไม่เกิน 2 บัสเชื่อมต่อ
- (2) ระบบทดสอบ IEEE 30-bus สูงสุดชนิดละไม่เกิน 3 บัสเชื่อมต่อ
- (3) ระบบทดสอบ IEEE 118-bus สูงสุดชนิดละไม่เกิน 3 บัสเชื่อมต่อ
- (4) ระบบจำหน่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค สูงสุดชนิดละไม่เกิน 1 บัสเชื่อมต่อ

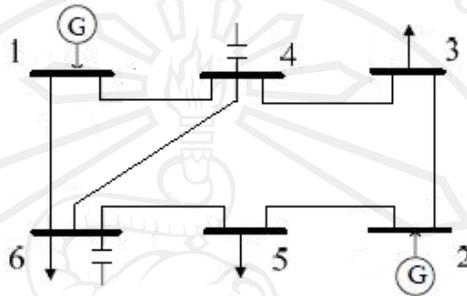
โดยผลลัพธ์ที่แสดงไว้นี้ อ้างอิงมาจากการทดสอบ โปรแกรม MATLAB โดยใช้

คอมพิวเตอร์ AMD Athlon X2 250 ที่ใช้ในการประมวลผล และมีหน่วยความจำเข้าถึงโดยสุ่ม (RAM) เท่ากับ 2.0 กิกะไบต์

6.2 ระบบทดสอบ IEEE 6-bus

6.2.1 โครงสร้างของระบบทดสอบ

โครงสร้างของระบบทดสอบ IEEE 6-bus เป็นระบบทดสอบที่มีโครงสร้างแบบรูปโดยมี บัส 1 เป็นบัสอ้างอิง (Slack bus) บัส 2 เป็นบัสควบคุมแรงดัน (P-V bus) และบัส 3-6 เป็น โหลดบัส (P-Q bus) ในภาพที่ 6.1 [61]-[62]



ภาพ 6.1 แผนภาพระบบทดสอบ IEEE 6-bus [61]

การกำหนดค่าพารามิเตอร์สำหรับวิธีการโปรแกรมเชิงวิวัฒนาการบนพื้นฐานการไหลของกำลังไฟฟ้าที่เหมาะสมที่ถูกใช้เพื่อหาขนาด, ตำแหน่ง, จำนวน, และประเภทของหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวเข้าไปในระบบ สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 6.1 ดังนี้

ตาราง 6.1 พารามิเตอร์ของวิธีการโปรแกรมเชิงวิวัฒนาการสำหรับระบบทดสอบ IEEE 6-bus

พารามิเตอร์	ค่าที่กำหนด
ขนาดของประชากร (Population size: popsize)	30
รุ่นประชากรสูงสุด (Maximum generation: maxgen)	500
ค่าคงที่ในขั้นตอนการกลายพันธุ์ (Constant value: a)	0.90
จำนวนผู้แข่งขัน (Number of competitors: N_f)	15
ค่าคงที่ (Arbitrary constant: K_f)	1

6.2.2 ผลการทดสอบอัลกอริทึม

ตาราง 6.2 ผลการทดสอบอัลกอริทึมกับระบบทดสอบ IEEE 6-bus

กรณีศึกษา	ค่าฐานของกำลังไฟฟ้าของโหลด		หลังการติดตั้ง DG		ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (\$)	พลังงานแสงอาทิตย์		พลังงานกักเก็บลม		ต้นทุน (\$)
	กำลังไฟฟ้าในระบบ (MW)	กำลังไฟฟ้าสัญเสียด (MW)	กำลังไฟฟ้าในระบบ (MW)	กำลังไฟฟ้าสัญเสียด (MW)		บัส	ขนาด (MW)	บัส	ขนาด(MW)	
กรณีฐาน PF	135.00	9.74	-	-	-	-	-	-	-	-
N_DG=1	135.00	9.74	186.42	29.48	26,085,867.65	2	2.293	4	1.129	1,671,111.17
N_DG=2	135.00	9.74	186.32	29.38	24,797,697.95	5	2.269	4 6	4.582 2.330	2,958,033.70

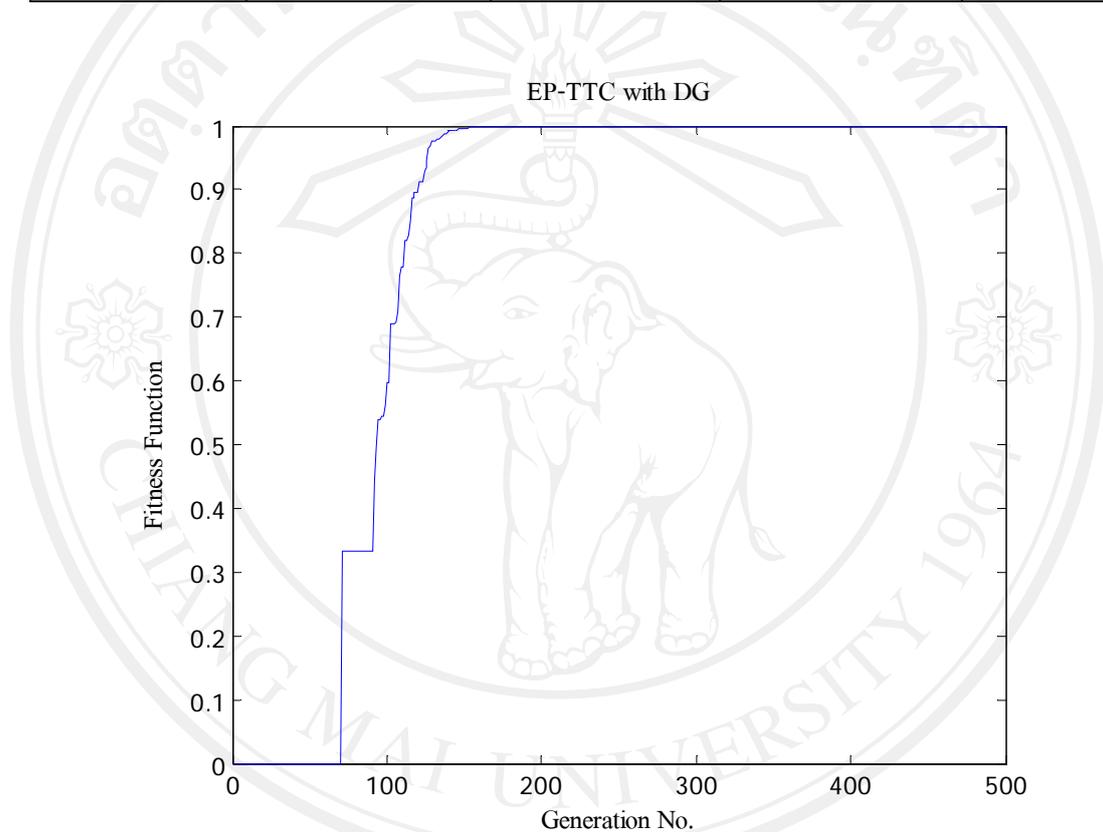
ตาราง 6.3 ผลการทดสอบอัลกอริทึมของระบบ IEEE 6-bus เมื่อพิจารณาจากฟังก์ชันวัตถุประสงค์ กรณีที่ N_DG=1

กรณี N_DG=1	ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (\$)	กำลังไฟฟ้าในระบบ (MW)	กำลังไฟฟ้าสัญเสียด (MW)	ต้นทุน (\$)
ค่าสูงสุด	26,085,867.65	186.42	29.48	1,671,111.17
ค่าต่ำสุด	22,455,265.15	186.62	29.68	5,301,844.78

ตาราง 6.4 ผลการทดสอบอัลกอริทึมของระบบ IEEE 6-bus

เมื่อพิจารณาจากฟังก์ชันวัตถุประสงค์ กรณีที่ $N_{DG}=2$

กรณี $N_{DG}=2$	ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (\\$)	กำลังไฟฟ้าในระบบ (MW)	กำลังไฟฟ้าสูญเสีย (MW)	ต้นทุน (\\$)
ค่าสูงสุด	24,797,697.95	186.32	29.38	2,958,033.70
ค่าต่ำสุด	1,373,425.65	155.46	22.28	5,563,908.37



ภาพ 6.2 กราฟคุณลักษณะการลู่เข้าของวิธีการโปรแกรมเชิงวิวัฒนาการของระบบทดสอบ

IEEE 6-bus กรณีที่มีการติดตั้งหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว

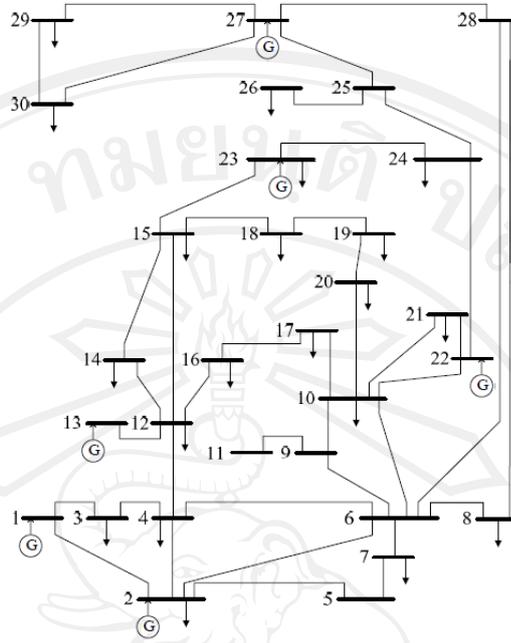
กำลังไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นภายในระบบทดสอบสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 6.2 กำลังไฟฟ้าฐานของระบบกรณีพิจารณาการไหลของกำลังไฟฟ้าที่เหมาะสมของระบบเพียงอย่างเดียว (กรณีฐาน PF) มีค่าเท่ากับ 135 เมกะวัตต์ และเมื่อพิจารณากรณีที่มีการติดตั้งหน่วยผลิตไฟฟ้าเข้าไปในระบบชนิดละ 1 บัสเชื่อมต่อ ($N_{DG}=1$) และชนิดละ 2 บัสเชื่อมต่อ ($N_{DG}=2$) พบว่า กำลังไฟฟ้าที่ไหลในระบบเพิ่มขึ้นคิดเป็น 38.09 เปอร์เซ็นต์ และ 38.01 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

กรณีที่มีการติดตั้งหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวเข้าไปในระบบชนิดละ 1 บัสเชื่อมต่อ พบว่า มีการติดตั้งหน่วยผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์เข้าไปที่บัส 2 ขนาด 2.923 เมกะวัตต์ และพลังงานกังหันลมเข้าไปที่บัส 4 ขนาด 1.129 เมกะวัตต์ และเมื่อกำหนดให้มีการติดตั้งหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวเข้าไปในระบบได้สูงสุดไม่เกินชนิดละ 2 บัสเชื่อมต่อ พบว่า มีการติดตั้งหน่วยผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์เข้าไปที่บัส 5 ขนาด 2.269 เมกะวัตต์ และพลังงานกังหันลมเข้าไปที่บัส 4 ขนาด 4.528 เมกะวัตต์ และบัสที่ 6 ขนาด 2.330 เมกะวัตต์ จากตำแหน่งติดตั้งพบว่า บัสที่ 4 เป็นบัสที่มีโหลดในระบบ เท่ากับ 50 เมกะวัตต์ ซึ่งเมื่อมีการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวเข้าไปที่บัสดังกล่าวจะช่วยให้กำลังไฟฟ้าในระบบเพิ่มขึ้น และกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบลดลง

ตารางที่ 6.3 และ ตารางที่ 6.4 แสดงค่าที่ได้จากการทดสอบอัลกอริทึมกรณีที่มีการติดตั้งหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวเข้าไปในระบบชนิดละ 1 บัสเชื่อมต่อ และ 2 บัสเชื่อมต่อตามลำดับ โดยพิจารณาจากค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์เป็นหลัก ซึ่งแสดงค่าของกำลังไฟฟ้าที่ไหลในระบบ, กำลังไฟฟ้าสูญเสีย, และต้นทุนที่ทำให้ได้ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์สูงสุด, ค่าเฉลี่ย, และค่าต่ำสุด ตามลำดับ

กราฟคุณลักษณะการลู่เข้าของวิธีการโปรแกรมเชิงวิวัฒนาการในกรณีที่มีการติดตั้งหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว กราฟในภาพที่ 6.2 จะแสดงการลู่เข้าเพื่อหาคำตอบที่เหมาะสมในช่วงที่ 50 ถึง 200 ซึ่งเป็นการพิจารณาตามฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่กำหนด โดยแกน y คืออัตราส่วนระหว่างค่าความเหมาะสมในรอบการคำนวณที่ดีที่สุดต่อผลรวมของค่าความเหมาะสมของรอบการคำนวณทั้งหมด และแกน x คือจำนวนรุ่นประชากรสูงสุดของรอบการคำนวณ

6.3 ระบบทดสอบ IEEE 30-bus



ภาพ 6.3 แผนภาพระบบทดสอบ IEEE 30-bus

6.3.1 โครงสร้างของระบบทดสอบ

ระบบทดสอบ IEEE 30-bus เป็นระบบทดสอบที่มีโครงสร้างแบบลูบ โดยมีบัส 1 เป็นบัสอ้างอิง (Slack bus) โดยมีบัส 2, 13, 22, 23, และ 27 เป็นบัสควบคุมแรงดัน (P-V bus) ส่วนบัสที่เหลือในระบบเป็นโหลดบัส (P-Q bus) ดังภาพที่ 6.3 [63]

การกำหนดค่าพารามิเตอร์สำหรับวิธีการโปรแกรมเชิงวิวัฒนาการบนพื้นฐานการไหลของกำลังไฟฟ้าที่เหมาะสมที่ถูกใช้เพื่อหาขนาด, ตำแหน่ง, จำนวน, และประเภทของหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวเข้าไปในระบบ สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 6.5 ดังนี้

ตาราง 6.5 พารามิเตอร์ของวิธีการโปรแกรมเชิงวิวัฒนาการสำหรับระบบทดสอบ IEEE 30-bus

พารามิเตอร์	ค่าที่กำหนด
ขนาดของประชากร (Population size: popsize)	40
รุ่นประชากรสูงสุด (Maximum generation: maxgen)	500
ค่าคงที่ในขั้นตอนการกลายพันธุ์ (Constant value: a)	0.9
จำนวนผู้แข่งขัน (Number of competitors: N_f)	20
ค่าคงที่ (Arbitrary constant: K_f)	1

6.3.2 ผลการทดสอบอัลกอริทึม

ตาราง 6.6 ผลการทดสอบอัลกอริทึมกับระบบทดสอบ IEEE 30-bus

กรณีศึกษา	ค่าฐานของกำลังไฟฟ้าของโหลด		หลังการติดตั้ง DG		ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (\$)	พลังงานแสงอาทิตย์		พลังงานกักเก็บลม		ต้นทุน (\$)
	กำลังไฟฟ้าในระบบ (MW)	กำลังไฟฟ้าสูญเสีย (MW)	กำลังไฟฟ้าในระบบ (MW)	กำลังไฟฟ้าสูญเสีย (MW)		บัส	ขนาด (MW)	บัส	ขนาด(MW)	
กรณีฐาน PF	164.30	2.42	-	-	-	-	-	-	-	-
N_DG=1	164.30	2.42	455.78	37.77	221,025,400.06	8	3.647	17	4.860	3,347,509.47
N_DG=2	164.30	2.42	454.06	37.59	220,019,650.02	18	4.076	11 15	1.005 1.168	3,007,935.06
N_DG=3	164.30	2.42	463.90	51.33	214,913,994.49	21	3.497	28 15 25	3.188 5.694 2.368	4,693,794.57

73

ตาราง 6.7 ผลการทดสอบอัลกอริทึมของระบบ IEEE 30-bus เมื่อพิจารณาจากฟังก์ชันวัตถุประสงค์ กรณีที่ N_DG=1

กรณี N_DG=1	ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (\$)	กำลังไฟฟ้าในระบบ (MW)	กำลังไฟฟ้าสูญเสีย (MW)	ต้นทุน (\$)
ค่าสูงสุด	221,025,400.06	462.33	46.48	3,893,836.50
ค่าต่ำสุด	211,174,890.23	441.73	33.51	1,906,082.23

ตาราง 6.8 ผลการทดสอบอัลกอริทึมของระบบ IEEE 30-bus

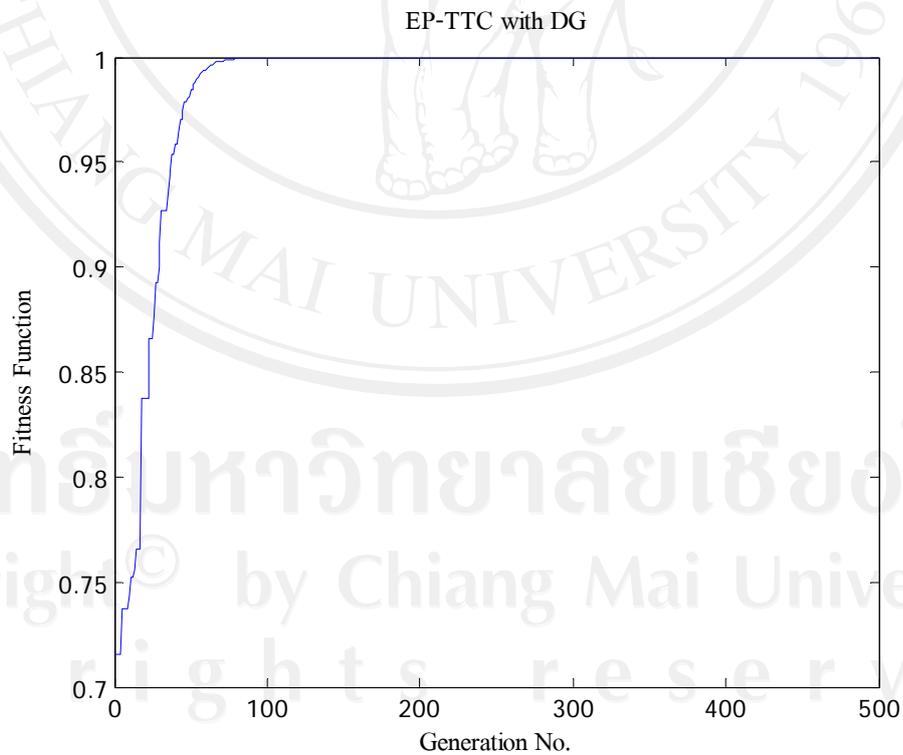
เมื่อพิจารณาจากฟังก์ชันวัตถุประสงค์ กรณีที่ $N_{DG}=2$

กรณี $N_{DG}=2$	ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (\$)	กำลังไฟฟ้าในระบบ (MW)	กำลังไฟฟ้าสูญเสีย (MW)	ต้นทุน (\$)
ค่าสูงสุด	220,019,650.02	464.90	49.28	5,331,530.29
ค่าต่ำสุด	212,884,271.98	444.00	36.63	2,172,495.90

ตาราง 6.9 ผลการทดสอบอัลกอริทึมของระบบ IEEE 30-bus

เมื่อพิจารณาจากฟังก์ชันวัตถุประสงค์ กรณีที่ $N_{DG}=3$

กรณี $N_{DG}=3$	ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (\$)	กำลังไฟฟ้าในระบบ (MW)	กำลังไฟฟ้าสูญเสีย (MW)	ต้นทุน (\$)
ค่าสูงสุด	214,913,994.49	463.90	51.33	4,968,430.34
ค่าต่ำสุด	209,642,072.68	439.78	34.86	1,785,386.40



ภาพ 6.4 กราฟคุณลักษณะการลู่เข้าของวิธีการโปรแกรมเชิงวิวัฒนาการของระบบทดสอบ

IEEE 30-busกรณีที่มีการติดตั้งหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว

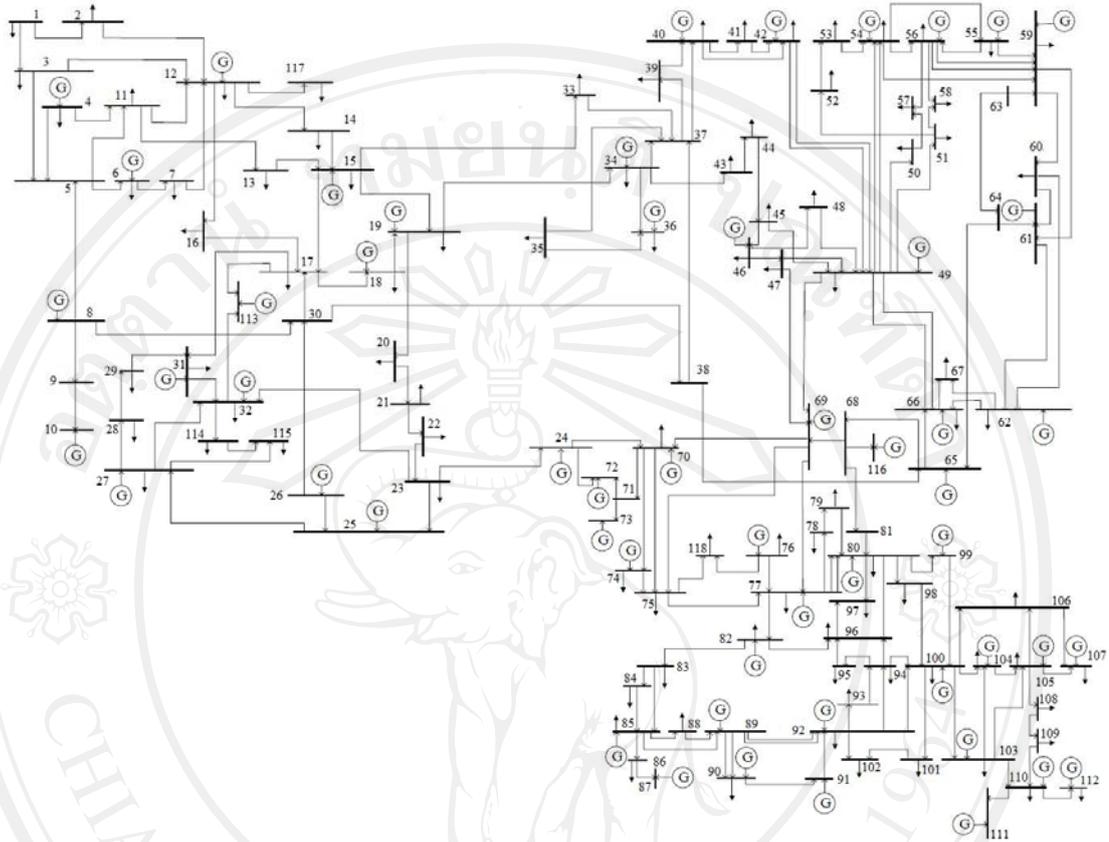
กำลังไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นภายในระบบทดสอบสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 6.6 กำลังไฟฟ้าฐานของระบบกรณีพิจารณาการไหลของกำลังไฟฟ้าที่เหมาะสมของระบบเพียงอย่างเดียว มีค่าเท่ากับ 164.30 เมกะวัตต์ แต่เมื่อพิจารณาระบบที่ยังไม่มีการติดตั้งหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวด้วยวิธีการโปรแกรมเชิงวิวัฒนาการ พบว่า กำลังไฟฟ้าที่ไหลเพิ่มขึ้นในระบบมีค่าเท่ากับ 174.75 เมกะวัตต์ หรือคิดเป็น 6.36 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อพิจารณากรณีที่มีการติดตั้งหน่วยผลิตไฟฟ้าเข้าไปในระบบชนิดละ 1 บัสเชื่อมต่อ, ชนิดละ 2 บัสเชื่อมต่อ, และชนิดละ 3 บัสเชื่อมต่อ พบว่า กำลังไฟฟ้าที่ไหลเพิ่มขึ้นในระบบเป็น 455.78 เมกะวัตต์, 454.06 เมกะวัตต์ และ 463.90 เมกะวัตต์ ตามลำดับ

กรณีที่มีการติดตั้งหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวเข้าไปในระบบชนิดละ 1 บัสเชื่อมต่อ พบว่า มีการติดตั้งหน่วยผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์เข้าไปที่บัส 8 ขนาด 3.647 เมกะวัตต์ และพลังงานกังหันลมเข้าไปที่บัส 17 ขนาด 4.860 เมกะวัตต์ เมื่อกำหนดให้มีการติดตั้งหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวเข้าไปในระบบได้สูงสุดไม่เกินชนิดละ 2 บัสเชื่อมต่อ พบว่า มีการติดตั้งหน่วยผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์เข้าไปที่บัส 18 ขนาด 4.076 เมกะวัตต์ และพลังงานกังหันลมเข้าไปที่บัส 11 และ 15 ขนาด 1.005 และ 1.168 เมกะวัตต์ ตามลำดับ และเมื่อกำหนดให้มีการติดตั้งหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวเข้าไปในระบบได้สูงสุดไม่เกินชนิดละ 3 บัสเชื่อมต่อ พบว่า มีการติดตั้งหน่วยผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์เข้าไปที่บัส 21 ขนาด 3.497 เมกะวัตต์ ตามลำดับ และพลังงานกังหันลมเข้าไปที่บัส 28, 15, 25 ขนาด 3.118, 5.694, 2.368 เมกะวัตต์ ตามลำดับ

ตารางที่ 6.7, 6.8 และ 6.9 แสดงค่าที่ได้จากการทดสอบอัลกอริทึมกรณีที่มีการติดตั้งหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวเข้าไปในระบบชนิดละ 1 บัสเชื่อมต่อ และ 2 บัสเชื่อมต่อ ตามลำดับ โดยพิจารณาจากค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์เป็นหลัก ซึ่งแสดงค่าของกำลังไฟฟ้าที่ไหลในระบบ, กำลังไฟฟ้าสูญเสีย, และต้นทุนที่ทำให้ได้ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์สูงสุด, ค่าเฉลี่ย, และค่าต่ำสุดตามลำดับ

กราฟคุณลักษณะการลู่เข้าของวิธีการโปรแกรมเชิงวิวัฒนาการในกรณีที่มีการติดตั้งหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว กราฟในภาพที่ 6.4 จะแสดงการลู่เข้าเพื่อหาคำตอบที่เหมาะสมในช่วงที่ 0 ถึง 100 ซึ่งเป็นการพิจารณาตามฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่กำหนด

6.4 ระบบทดสอบ IEEE 118-bus



ภาพ 6.5 แผนภาพระบบทดสอบ IEEE 118-bus

6.4.1 โครงสร้างของระบบทดสอบ

ระบบทดสอบ IEEE 118-bus เป็นระบบทดสอบที่มีโครงสร้างแบบรูปเช่นเดียวกันกับระบบทดสอบมาตรฐาน 30 บัส โดยมีบัส 69 เป็นบัสอ้างอิง (Slack bus) มีบัสควบคุมแรงดัน (P-V bus) ทั้งหมด 53 บัส และส่วนที่เหลือในระบบอีก 64 บัสเป็นโหลดบัส (P-Q bus) ดังภาพที่ 6. 5

การกำหนดค่าพารามิเตอร์ สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 6.10 ดังนี้

ตาราง 6.10 พารามิเตอร์ของวิธีการโปรแกรมเชิงวิวัฒนาการสำหรับระบบทดสอบ IEEE 118-bus

พารามิเตอร์	ค่าที่กำหนด
ขนาดของประชากร (Population size: popsize)	80
รุ่นประชากรสูงสุด (Maximum generation: maxgen)	500
ค่าคงที่ในขั้นตอนการกลายพันธุ์ (Constant value: a)	0.90
จำนวนผู้แข่งขัน (Number of competitors: N_f)	40
ค่าคงที่ (Arbitrary constant: K_f)	1

6.4.2 ผลการทดสอบอัลกอริทึม

ตาราง 6.11 ผลการทดสอบอัลกอริทึมกับระบบทดสอบ IEEE 118-bus

กรณีศึกษา	ค่าฐานของกำลังไฟฟ้าของโหลด		หลังการติดตั้ง DG		ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (\$)	พลังงานแสงอาทิตย์		พลังงานกักเก็บลม		ต้นทุน (\$)
	กำลังไฟฟ้าในระบบ (MW)	กำลังไฟฟ้าสูญเสีย (MW)	กำลังไฟฟ้าในระบบ (MW)	กำลังไฟฟ้าสูญเสีย (MW)		บัส	ขนาด (MW)	บัส	ขนาด(MW)	
กรณีฐาน PF	1,433.00	132.48	-	-	-	-	-	-	-	-
N_DG=1	1,433.00	132.48	2,545.95	147.85	957,877,073.31	1	4.797	83	2.836	3,602,702.98
N_DG=2	1,433.00	132.48	2,556.10	157.80	956,432,313.92	10	6.393	62 88	4.293 1.374	5,226,825.04
N_DG=3	1,433.00	132.48	2,558.15	135.06	976,372,668.87	6	6.158	41 114 69	1.843 6.793 5.576	7,004,765.02

ตาราง 6.12 ผลการทดสอบอัลกอริทึมของระบบ IEEE 118-bus เมื่อพิจารณาจากฟังก์ชันวัตถุประสงค์ กรณีที่ N_DG=1

กรณี N_DG=1	ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (\$)	กำลังไฟฟ้าในระบบ (MW)	กำลังไฟฟ้าสูญเสีย (MW)	ต้นทุน (\$)
ค่าสูงสุด	957,877,073.31	2,555.03	166.63	6,398,921.40
ค่าต่ำสุด	920,113,161.65	2,457.54	102.80	1,256,755.11

ตาราง 6.13 ผลการทดสอบอัลกอริทึมของระบบ IEEE 118-bus

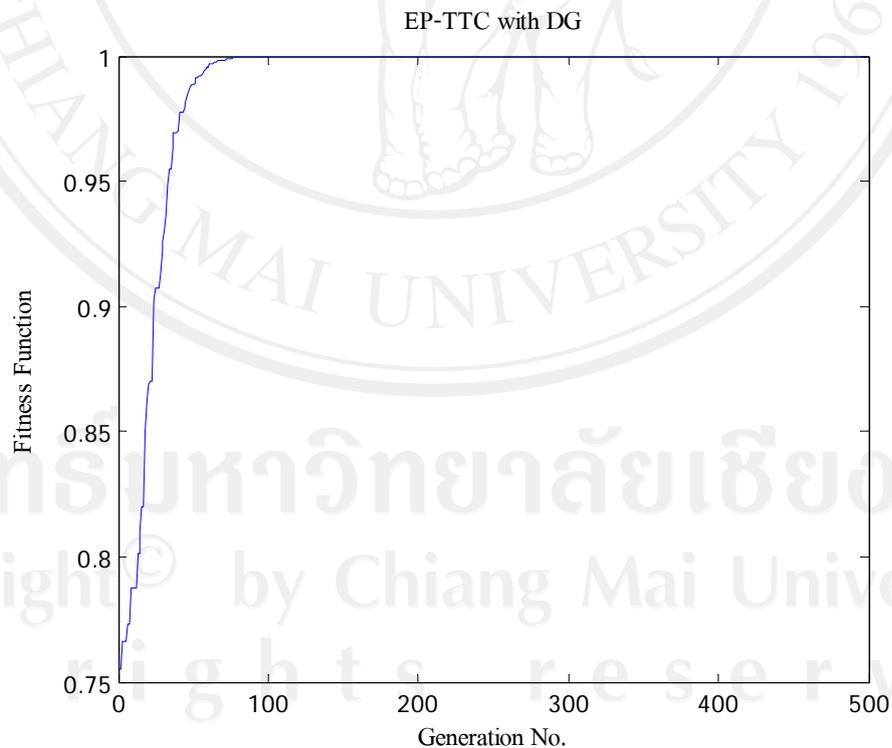
เมื่อพิจารณาจากฟังก์ชันวัตถุประสงค์ กรณีที่ $N_{DG}=2$

กรณี $N_{DG}=2$	ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (\$)	กำลังไฟฟ้าในระบบ (MW)	กำลังไฟฟ้าสูญเสีย (MW)	ต้นทุน (\$)
ค่าสูงสุด	956,432,313.92	2,556.10	157.80	5,805,599.84
ค่าต่ำสุด	924,534,603.18	2,482.16	121.52	2,145,045.54

ตาราง 6.14 ผลการทดสอบอัลกอริทึมของระบบ IEEE 118-bus

เมื่อพิจารณาจากฟังก์ชันวัตถุประสงค์ กรณีที่ $N_{DG}=3$

กรณี $N_{DG}=3$	ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (\$)	กำลังไฟฟ้าในระบบ (MW)	กำลังไฟฟ้าสูญเสีย (MW)	ต้นทุน (\$)
ค่าสูงสุด	976,372,668.87	2,558.15	149.00	7,004,765.02
ค่าต่ำสุด	909,075,830.27	2,468.47	115.09	2,808,597.96



ภาพ 6.6 กราฟคุณลักษณะการคู่เข้าของวิธีการโปรแกรมเชิงวิวัฒนาการของระบบทดสอบ

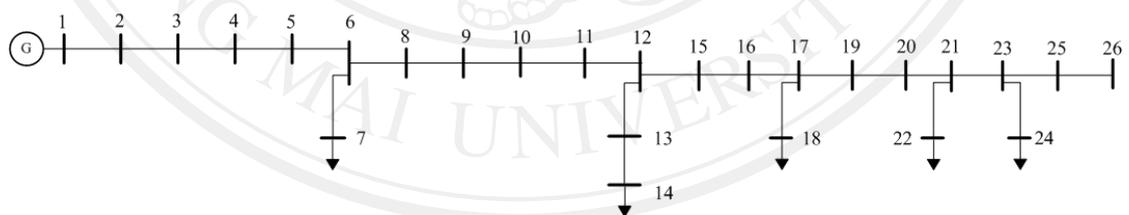
IEEE 118-bus กรณีที่มีการติดตั้งหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว

กำลังไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นภายในระบบทดสอบสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 6.11 กำลังไฟฟ้าฐานของระบบกรณีพิจารณาการไหลของกำลังไฟฟ้าที่เหมาะสมของระบบเพียงอย่างเดียว มีค่าเท่ากับ 1,443.00 เมกะวัตต์ และเมื่อพิจารณากรณีที่มีการติดตั้งหน่วยผลิตไฟฟ้าเข้าไปในระบบชนิดละ 1 บัสเชื่อมต่อ, ชนิดละ 2 บัสเชื่อมต่อ, และชนิดละ 3 บัส พบว่า กำลังไฟฟ้าที่ไหลในระบบเพิ่มขึ้นเป็น 2,545.95 เมกะวัตต์, 2,556.10 เมกะวัตต์, และ 2,558.15 เมกะวัตต์ ตามลำดับ

ตารางที่ 6.12 ถึง 6.14 แสดงค่าที่ได้จากการทดสอบอัลกอริทึมกรณีที่มีการติดตั้งหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวเข้าไปในระบบชนิดละ 1 บัสเชื่อมต่อ และ 2 บัสเชื่อมต่อ ตามลำดับ โดยพิจารณาจากค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์เป็นหลัก ซึ่งแสดงค่าของกำลังไฟฟ้าที่ไหลในระบบ, กำลังไฟฟ้าสูญเสีย, และต้นทุนที่ทำให้ได้ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์สูงสุด, ค่าเฉลี่ย, และค่าต่ำสุดตามลำดับ

กราฟคุณลักษณะการเข้าสู่ของวิธีการ โปรแกรมเชิงวิวัฒนาการในกรณีที่มีการติดตั้งหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว กราฟในภาพที่ 6.6 จะแสดงการเข้าสู่เพื่อหาคำตอบที่เหมาะสมในช่วงที่ 0 ถึงช่วงประมาณ 100 ซึ่งเป็นการพิจารณาตามฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่กำหนด

6.5 ระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ระดับแรงดัน 22 กิโลโวลต์



ภาพ 6.7 แผนภาพตัวอย่างระบบจำหน่ายไฟฟ้าระดับแรงดัน 22 กิโลโวลต์

6.5.1 โครงสร้างของระบบทดสอบ

ระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเป็นระบบจำหน่ายที่มีโครงสร้างแบบเรเดียล มีจำนวนบัสในระบบทั้งหมด 26 บัส โดยมีบัส 1 เป็นบัสอ้างอิง ซึ่งเป็นบัสที่เชื่อมต่อในระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่ระดับแรงดัน 22 กิโลโวลต์ และบัสที่เหลือทั้งหมดเป็นโหลดบัส ดังภาพ 6.7

การกำหนดค่าพารามิเตอร์สำหรับวิธีการ โปรแกรมเชิงวิวัฒนาการบนพื้นฐานการไหลของกำลังไฟฟ้าที่เหมาะสมที่ถูกใช้เพื่อหาขนาด, ตำแหน่ง, จำนวน, และประเภทของหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวเข้าไปในระบบ สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 6.15 ดังนี้

ตาราง 6.15 พารามิเตอร์ของวิธีการโปรแกรมเชิงวิวัฒนาการสำหรับ ระบบจำหน่ายการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

พารามิเตอร์	ค่าที่กำหนด
ขนาดของประชากร (Population size: popsize)	30
รุ่นประชากรสูงสุด (Maximum generation: maxgen)	500
ค่าคงที่ในขั้นตอนการกลายพันธุ์ (Constant value: a)	0.95
จำนวนผู้แข่งขัน (Number of competitors: N_f)	15
ค่าคงที่ (Arbitrary constant: K_f)	1

6.5.2 ผลการทดสอบอัลกอริทึม

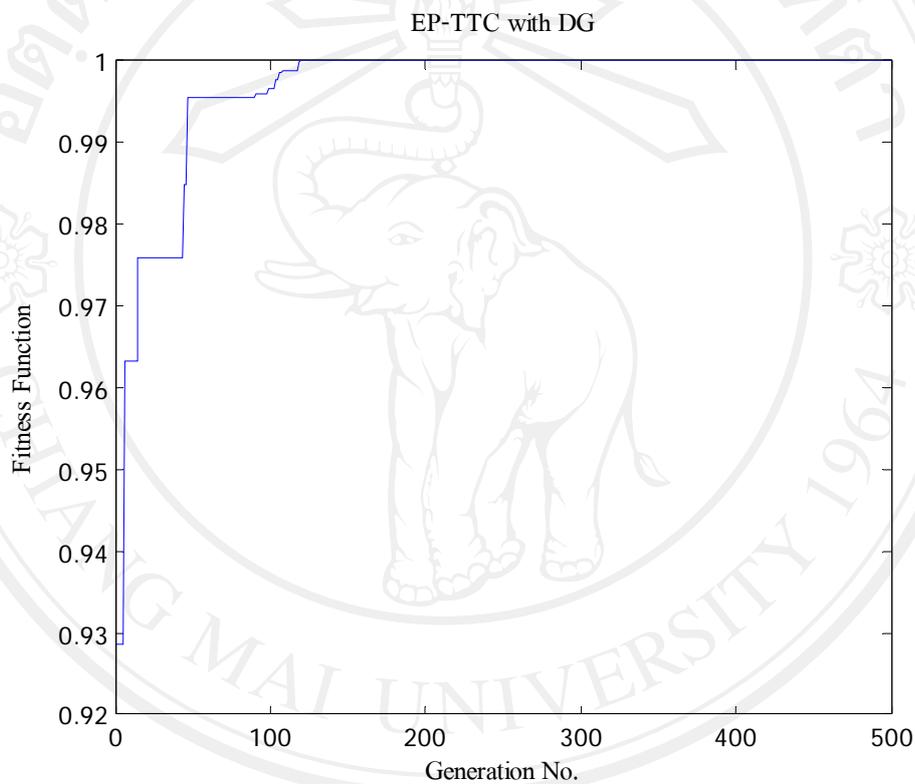
ตาราง 6.16 ผลการทดสอบอัลกอริทึมกับระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ระดับแรงดัน 22 กิโลโวลต์

กรณีศึกษา	ค่าฐานของกำลังไฟฟ้าของโหลด		หลังการติดตั้ง DG		ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (\$)	พลังงานแสงอาทิตย์		พลังงานกังหันลม		ต้นทุน (\$)
	กำลังไฟฟ้าในระบบ (MW)	กำลังไฟฟ้าสูญเสีย (MW)	กำลังไฟฟ้าในระบบ (MW)	กำลังไฟฟ้าสูญเสีย (MW)		บัส	ขนาด (MW)	บัส	ขนาด (MW)	
กรณีฐาน PF	3.285	0.312	-	-	-	-	-	-	-	-
N_DG=1	3.285	0.312	6.537	0.297	1,939,622.81	19	1.014	16	1.313	922,007.44

ตาราง 6.17 ผลการทดสอบอัลกอริทึมของระบบจำหน่ายการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

เมื่อพิจารณาจากฟังก์ชันวัตถุประสงค์ กรณีที่ $N_{DG}=1$

กรณี $N_{DG}=1$	ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (\$)	กำลังไฟฟ้าในระบบ (MW)	กำลังไฟฟ้าสูญเสีย (MW)	ต้นทุน (\$)
ค่าสูงสุด	1,939,622.81	6.537	0.311	1,951,949.29
ค่าต่ำสุด	908,177.88	6.534	0.296	922,007.44



ภาพ 6.8 กราฟคุณลักษณะการคัดเลือกของวิธีการโปรแกรมเชิงวิวัฒนาการของระบบจำหน่ายการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค กรณีที่มีการติดตั้งหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว

กำลังไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นภายในระบบทดสอบสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 6.16 กำลังไฟฟ้าฐานของระบบกรณีพิจารณาการไหลของกำลังไฟฟ้าที่เหมาะสมของระบบเพียงอย่างเดียว มีค่าเท่ากับ 3.285 เมกะวัตต์ และเมื่อพิจารณากรณีที่มีการติดตั้งหน่วยผลิตไฟฟ้าเข้าไปในระบบชนิดละ 1 บัสเชื่อมต่อ พบว่า กำลังไฟฟ้าที่ไหลในระบบเพิ่มขึ้นเป็น 6.537 เมกะวัตต์

กำลังไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นภายในระบบทดสอบสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 6.16 กำลังไฟฟ้าฐานของระบบกรณีพิจารณาการไหลของกำลังไฟฟ้าที่เหมาะสมของระบบเพียงอย่างเดียว มีค่าเท่ากับ 3.285 เมกะวัตต์ และเมื่อพิจารณากรณีที่มีการติดตั้งหน่วยผลิตไฟฟ้าเข้าไปในระบบชนิดละ 1 บัสเชื่อมต่อ พบว่า กำลังไฟฟ้าที่ไหลในระบบเพิ่มขึ้นเป็น 6.537 เมกะวัตต์ และเนื่องจากกรณีศึกษานี้เป็นระบบทดสอบแบบเรเดียล เมื่อกำหนดให้กรณีที่มีการติดตั้งหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวเข้าไปในระบบสูงสุดชนิดละ 2 บัสเชื่อมต่อ พบว่าจะได้ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์เป็นค่าลบ อันเนื่องมาจากส่วนของต้นทุน (Total Costs) มีค่าสูงกว่าผลประโยชน์ที่ได้ (Benefit) ดังนั้นจึงกำหนดให้คิดเพียงกรณีศึกษาที่มีการติดตั้งชนิดละ 1 บัสเชื่อมต่อเพียงกรณีเดียว

ตารางที่ 6.17 แสดงค่าที่ได้จากการทดสอบอัลกอริทึมกรณีที่มีการติดตั้งหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวเข้าไปในระบบชนิดละ 1 บัสเชื่อมต่อ และ 2 บัสเชื่อมต่อ ตามลำดับ โดยพิจารณาจากค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์เป็นหลัก ซึ่งแสดงค่าของกำลังไฟฟ้าที่ไหลในระบบ, กำลังไฟฟ้าสูญเสีย, และต้นทุนที่ทำให้ได้ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์สูงสุด, ค่าเฉลี่ย, และค่าต่ำสุด ตามลำดับ

กราฟคุณลักษณะการลู่เข้าของวิธีการโปรแกรมเชิงวิวัฒนาการเมื่อมีการติดตั้งหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว กราฟในภาพที่ 6.8 จะแสดงการลู่เข้าเพื่อหาคำตอบที่เหมาะสมในช่วงที่ 0 ถึงช่วงประมาณ 150 ซึ่งเป็นการพิจารณาตามฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่กำหนด