บทที่ 5

ผลการทดสอบ

ในบทนี้จะแสดงผลการแก้ปัญหาออปติมัลเพาเวอร์โฟลว์โดยใช้เจเนติกอัลกอริทึมเปรียบเทียบกับ Sequential quadratic programming โดยใช้ระบบทดสอบ 2 ตัวอย่าง คือ ระบบ 6 บัส 11 สายส่ง[2] และ IEEE 30 บัส [24] โดยที่ข้อมูลบัส สายส่ง หม้อแปลงและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแสดงอยู่ในภาคผนวก ก โปรแกรมที่ใช้ได้รับการพัฒนาขึ้นบน MATLAB โดยใช้ Genetic algorithm toolbox [39] ช่วยในการพัฒนา ส่วนการแก้ปัญหาโดยใช้ Sequential quadratic programming จะใช้โปรแกรมที่มีอยู่ใน Optimization toolbox [40] ของ MATLAB เป็นเครื่องมือแก้ปัญหา โดยที่รายละเอียดของวิธีการแสดงไว้ในภาคผนวก ข ทั้งนี้ผลการทดลองทั้งหมดได้ทดลองบนเครื่องคอมพิวเตอร์ Pentium 133 MHz

การแก้ปัญหาออปติมัลเพาเวอร์โฟลว์ในที่นี้จะทำตามหลักการที่แสดงไว้ในหัวข้อที่ 4.6 โดยมีฟังก์ชันเป้าหมายและเงื่อนไขบังคับดังนี้

ฟังก์ชันเป้าหมาย

$$F_{Opf} = F_T + r_k \left| P_{Ref} - P_{Reflim} \right| + \sum_{i=1}^{N_V} r_{ki} \left| V_i - V_{ilim} \right| + \sum_{i=1}^{N_Q} r_{ki} \left| Q_{Gi} - Q_{Gilim} \right| \quad (5.1)$$

เงื่อนไขบังคับประกอบด้วย

$$\left[\frac{\Delta P}{\Delta Q} \right] = \left[\frac{P_i - (P_{Gi} - P_{Di})}{Q_i - (Q_{Gi} - Q_{Di})} \right] = 0 \quad (5.2)$$

$$P_{Gimin} \leq P_{Gi} \leq P_{Gimax} \quad (5.3)$$

$$Q_{Gimin} \leq Q_{Gi} \leq Q_{Gimax} \quad (5.4)$$

$$V_{imin} \leq V_i \leq V_{imax} \quad (5.5)$$

$$T_{kmin} \leq T_k \leq T_{kmax} \quad (5.6)$$

โดยที่ตัวแปรต่างๆมีความหมายเช่นเดียวกับในหัวข้อ 4.5

ตัวแปรอิสระที่ใช้ในการควบคุมประกอบด้วย

1) กำลังจริงที่จ่ายจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทุกเครื่องยกเว้นที่บัสอ้างอิง

2) ขนาดของแรงดันที่บัสควบคุมแรงดันและบัสอ้างอิง

3) ค่าแทปของหม้อแปลง

5.1 ระบบ 6 บัส 11 สายส่ง

5.1.1 ออปติมัลเพาเวอร์โฟลว์โดยใช้ Sequential quadratic programming

จากการทดลองโดยการสุ่มจุดเริ่มต้นจำนวน 30 จุดแล้วแก้ปัญหาออปติมัลเพาเวอร์โฟลว์โดยใช้ Sequential quadratic programming ในภาคผนวก ข โดยกำหนดให้ค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุดของฟังก์ชันและตัวแปรที่ยอมรับได้มีค่าเท่ากับ 0.001 ความคลาดเคลื่อนสูงสุดของเกรเดียนท์ที่ยอมรับได้มีค่าเท่ากับ 0.000001 จะได้ผลการแก้ปัญหา ดังแสดงในตารางที่ 5.1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.1 ผลการแก้ปัญหาออปติมัลเพาเวอร์โฟลว์ระบบ 6 บัส 11 สายส่ง โดยใช้ Sequential quadratic programming

ครั้งที่	ต้นทุนการผลิตรวม (฿/ชั่วโมง)	เวลา (วินาที)
1	3116.38641084	33.73000000
2	3147.17093366	37.40000000
3	3167.24628113	27.08000000
4	3208.25419957	13.29000000
5	3116.38571710	32.90000000
6	3147.16556024	31.97000000
7	3192.89557583	20.21000000
8	3192.77820433	21.92000000
9	**3116.38559845**	**22.03000000**
10	ไม่ลู่เข้า	-
11	3231.15111147	16.75000000
12	3116.38589607	29.49000000
13	3143.60648595	21.91000000
14	3147.16506116	24.94000000
15	3192.78217268	22.90000000
16	3143.77668291	18.40000000
17	3116.38676628	31.36000000
18	3116.38616473	30.27000000
19	3116.40309271	42.95000000
20	3116.47949219	31.09000000
21	3167.24642960	17.13000000
22	3147.16588647	42.24000000
23	3143.85498040	23.34000000
24	3178.08923186	41.03000000
25	3231.15093572	20.60000000
26	3142.96217240	54.76000000

ตารางที่ 5.1 (ต่อ)

ครั้งที่	ต้นทุนการผลิตรวม (฿/ชั่วโมง)	เวลา (วินาที)
27	3142.86336377	40.42000000
28	3147.16568069	33.06000000
29	3116.38664472	30.37000000
30	3176.82036543	40.92000000
ค่าต่ำสุด	**3116.38559845**	**13.29000000**
ค่าสูงสุด	**3231.15111147**	**54.76000000**
ค่าเฉลี่ย	**3153.06541718**	**29.46413793**

โดยที่ ฿ คือ สัญลักษณ์แทนหน่วยเงิน

5.1.2 ออปติมัลเพาเวอร์โฟลว์โดยใช้เจเนติกอัลกอริทึม

จากการทดลองแก้ปัญหาด้วยเจเนติกอัลกอริทึมโดยใช้จำนวนประชากรตั้งแต่ 60 ถึง 80 ความน่าจะเป็นของการครอสโอเวอร์ตั้งแต่ 0.6 ถึง 0.9 ความน่าจะเป็นของการมิวเทชั่นตั้งแต่ 0.01 ถึง 0.1 จำนวนรุ่นของการถ่ายทอดสูงสุดตั้งแต่ 300 ถึง 400 พบว่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดในการแก้ปัญหานี้คือ

1) การลงรหัสและถอดรหัสใช้เลขฐานสอง (0 และ 1) เป็นส่วนประกอบของโครโมโซมแต่ละตัว โดยที่กำลังจริงที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละเครื่องจ่ายออกจะลงรหัสโดยใช้ความยาว 14 บิต แรงดันที่บัสควบคุมแรงดันและบัสอ้างอิงใช้ความยาว 6 บิต

2) กำหนดจุดเริ่มต้นโดยการสุ่ม โดยใช้จำนวนประชากรเท่ากับ 70

3) การประเมินความเหมาะสมจะใช้ต้นทุนการผลิตเป็นตัวประเมิน

4) การดำเนินการทางพันธุศาสตร์ใช้ตามหัวข้อ 3.3 โดยที่ความน่าจะเป็นของการครอสโอเวอร์เท่ากับ 0.9 และความน่าจะเป็นของการมิวเทชั่นเท่ากับ 0.01

5) เงื่อนไขการหยุดคือจำนวนรุ่นของการถ่ายทอดสูงสุด ในที่นี้ใช้ 400

สำหรับการปรับโทษตามสมการ 4.69 จะใช้สัมประสิทธิ์การปรับโทษ 3 ค่า คือ 1000 10000 และ 100000 ทดสอบค่าละ 10 ครั้ง ได้ผลการทดสอบทั้ง 30 ครั้งดังแสดงในตาราง 5.2

ตารางที่ 5.2 ผลการแก้ปัญหาออปติมัลเพาเวอร์โฟลว์ระบบ 6 บัส 11 สายส่ง โดยใช้เจเนติกอัลกอริทึม

ครั้งที่	ต้นทุนการผลิตรวม (฿/ชั่วโมง)	เวลา (วินาที)
1	3116.43601361	1272.41000000
2	3116.45277996	1269.77000000
3	**3116.41988534**	**1269.65000000**
4	3116.45277996	1269.60000000
5	3117.37436021	1270.16000000
6	3117.35725761	1271.19000000
7	3116.68262943	1279.44000000
8	3116.43601361	1269.99000000
9	3116.41988534	1268.84000000
10	3116.46878628	1268.61000000
11	3117.37436021	1275.10000000
12	3116.41988534	1277.13000000
13	3116.41988534	1270.26000000
14	3117.35725761	1278.23000000
15	3116.45277996	1269.27000000
16	3116.43601361	1277.90000000
17	3116.41988534	1282.79000000
18	3116.46026607	1283.94000000
19	3117.00623012	1300.69000000
20	3117.35725761	1284.60000000
21	3116.45277996	1288.06000000
22	3116.43601361	1281.52000000
23	3116.46878628	1284.71000000
24	3117.35725761	1281.79000000
25	3127.28302607	1305.25000000
26	3116.41988534	1282.40000000

ตารางที่ 5.2 (ต่อ)

ครั้งที่	ต้นทุนการผลิตรวม (฿/ชั่วโมง)	เวลา (วินาที)
27	3116.45277996	1281.85000000
28	3116.41988534	1283.77000000
29	3116.45277996	1284.49000000
30	3117.37436021	1286.96000000
ค่าต่ำสุด	**3116.41988534**	**1268.61000000**
ค่าสูงสุด	**3127.28302607**	**1305.25000000**
ค่าเฉลี่ย	**3117.04405890**	**1279.01233333**

โดยที่ ฿ คือ สัญลักษณ์แทนหน่วยเงิน

5.2 ระบบ IEEE 30 บัส

5.2.1 ออปติมัลเพาเวอร์โฟลว์โดยใช้ Sequential quadratic programming

จากการทดลองโดยการสุ่มจุดเริ่มต้นจำนวน 30 จุดแล้วแก้ปัญหาออปติมัลเพาเวอร์โฟลว์โดยใช้ Sequential quadratic programming ในภาคผนวก ข โดยกำหนดให้ค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุดของฟังก์ชันและตัวแปรที่ยอมรับได้มีค่าเท่ากับ 0.001 ความคลาดเคลื่อนสูงสุดของเกรเดียนท์ที่ยอมรับได้มีค่าเท่ากับ 0.000001 จะได้ผลการแก้ปัญหา ดังแสดงในตารางที่ 5.3

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.3 ผลการแก้ปัญหาออปติมัลเพาเวอร์โฟลว์ระบบ IEEE 30 บัส
โดยใช้ Sequential quadratic programming

ครั้งที่	ต้นทุนการผลิตรวม (฿/ชั่วโมง)	เวลา (วินาที)
1	1250.14783737	144.73000000
2	1241.94411750	249.52000000
3	1250.14784023	122.32000000
4	1250.14783739	168.63000000
5	1241.94400914	214.75000000
6	1241.94391873	195.81000000
7	1250.14783735	140.28000000
8	1250.14783735	154.94000000
9	1241.94398168	417.87000000
10	1250.14783736	153.52000000
11	1250.14783736	159.23000000
12	1250.14783735	131.05000000
13	1250.14783737	100.41000000
14	**1241.94390586**	**319.94000000**
15	1250.14783735	134.13000000
16	1250.14783735	134.57000000
17	1250.14783735	163.57000000
18	1250.14783736	128.80000000
19	1250.14783736	140.50000000
20	1250.14783735	127.59000000
21	1250.14783735	122.05000000
22	1241.94391084	303.19000000
23	1250.14783735	130.89000000
24	1241.94473037	307.14000000
25	1241.95330829	293.31000000
26	1250.14783735	142.48000000

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.3 (ต่อ)

ครั้งที่	ต้นทุนการผลิตรวม (฿/ชั่วโมง)	เวลา (วินาที)
27	1241.94392206	287.81000000
28	1250.14783735	143.08000000
29	1250.14783741	149.56000000
30	1241.94391246	230.25000000
ค่าต่ำสุด	**1241.94390586**	**100.41000000**
ค่าสูงสุด	**1250.14784023**	**417.87000000**
ค่าเฉลี่ย	**1247.41354890**	**187.06400000**

โดยที่ ฿ คือ สัญลักษณ์แทนหน่วยเงิน

5.2.2 ออปติมัลเพาเวอร์โฟลว์โดยใช้เจเนติกอัลกอริทึม

จากการทดลองแก้ปัญหาด้วยเจเนติกอัลกอริทึมโดยใช้จำนวนประชากรตั้งแต่ 60 ถึง 80 ความน่าจะเป็นของการครอสโอเวอร์ตั้งแต่ 0.6 ถึง 0.9 ความน่าจะเป็นของการมิวเทชั่นตั้งแต่ 0.01 ถึง 0.1 จำนวนรุ่นของการถ่ายทอดสูงสุดตั้งแต่ 300 ถึง 400 พบว่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดในการแก้ปัญหานี้คือ

1) การลงรหัสและถอดรหัสใช้เลขฐานสอง (0 และ 1) เป็นส่วนประกอบของโครโมโซมแต่ละตัว โดยที่กำลังจริงที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละเครื่องจ่ายออกจะลงรหัสโดยใช้ความยาว 14 บิต แรงดันที่บัสควบคุมแรงดันและบัสอ้างอิงใช้ความยาว 6 บิต และค่าแท็ปของหม้อแปลงใช้ความยาว 4 บิต

2) กำหนดจุดเริ่มต้นโดยการสุ่ม โดยใช้จำนวนประชากรเท่ากับ 70

3) การประเมินความเหมาะสมจะใช้ต้นทุนการผลิตเป็นตัวประเมิน

4) การดำเนินการทางพันธุศาสตร์ใช้ตามหัวข้อ 3.3 โดยที่ความน่าจะเป็นของการครอสโอเวอร์เท่ากับ 0.9 และความน่าจะเป็นของการมิวเทชั่นเท่ากับ 0.01

5) เงื่อนไขการหยุดคือจำนวนรุ่นของการถ่ายทอดสูงสุด ในที่นี้ใช้ 400

สำหรับการปรับโทษตามสมการ 4.69 จะใช้สัมประสิทธิ์การปรับโทษ 3 ค่า คือ 1000 10000 และ 100000 ทดสอบค่าละ 10 ครั้ง ได้ผลการทดสอบทั้ง 30 ครั้งดังแสดงในตาราง 5.4

ตารางที่ 5.4 ผลการแก้ปัญหาออปติมัลเพาเวอร์โฟลว์ระบบ IEEE 30 บัส โดยใช้เจเนติกอัลกอริทึม

ครั้งที่	ต้นทุนการผลิตรวม (ห/ชั่วโมง)	เวลา (วินาที)
1	1242.06046001	5653.43000000
2	1243.46136927	5719.39000000
3	1242.87026994	5338.92000000
4	1243.18401021	5290.48000000
5	1243.17995076	5258.63000000
6	1242.92766700	5065.89000000
7	1243.17654463	5066.44000000
8	1242.93992396	5222.98000000
9	1242.62668011	5539.62000000
10	1242.91613128	5903.62000000
11	1243.18351205	5261.94000000
12	1243.04585592	5462.46000000
13	1242.93798091	5383.48000000
14	1242.88417830	5648.35000000
15	1244.58924547	5563.92000000
16	1243.18086604	5364.19000000
17	1243.18467573	5077.98000000
18	1242.05473154	5602.67000000
19	1243.17127482	5356.50000000
20	1242.94856042	5468.08000000
21	1243.17941271	5583.42000000
22	1242.92611391	5668.29000000
23	1242.93029699	5548.31000000
24	1242.07900162	5181.08000000
25	1242.31238722	5337.02000000
26	**1241.98947934**	**5677.22000000**

ตารางที่ 5.4 (ต่อ)

ครั้งที่	ต้นทุนการผลิตรวม (฿/ชั่วโมง)	เวลา (วินาที)
27	1242.82741943	5665.09000000
28	1242.81450042	5334.00000000
29	1244.58768845	5649.89000000
30	1242.82003677	5103.72000000
ค่าต่ำสุด	**1241.98947934**	**5065.89000000**
ค่าสูงสุด	**1244.58924547**	**5903.62000000**
ค่าเฉลี่ย	**1242.96634084**	**5433.23366667**

โดยที่ ฿ คือ สัญลักษณ์แทนหน่วยเงิน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.3 ออปติมัลเพาเวอร์โฟลว์โดยใช้เจเนติกอัลกอริทึมร่วมกับ Sequential quadratic programming

จากผลการแก้ปัญหาออปติมัลเพาเวอร์โฟลว์ในหัวข้อที่ 5.1 และ 5.2 นั้น จะเห็นว่าผลการแก้ปัญหาโดยใช้เจเนติกอัลกอริทึมจะให้ผลลัพธ์โดยเฉลี่ยที่ดีกว่า (ในที่นี้คือต้นทุนการผลิตต่ำกว่า) แบบ Sequential quadratic programming แต่ว่าเวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหาก็มากกว่าด้วย ยิ่งกว่านั้น ถึงแม้เจเนติกอัลกอริทึมจะมีประสิทธิภาพในการออปติไมซ์สูงแต่ว่าคำตอบที่ได้ก็มักจะเป็นคำตอบที่ใกล้ๆจุดเหมาะสมโดยรวมเท่านั้น ทั้งนี้เนื่องมาจากความละเอียดในการลงรหัสไม่เพียงพอนั่นเอง ดังนั้นการนำเอาข้อดีของเจเนติกอัลกอริทึมในการหาจุดที่ใกล้ๆจุดเหมาะสมโดยรวมมาผสมกับข้อดีของวิธี Sequential quadratic programming ที่สามารถหาจุดเหมาะสมเฉพาะที่ได้จึงเป็นแนวคิดที่จะนำมาใช้หาจุดเหมาะสมโดยรวม วิธีในการแก้ปัญหาด้วยวิธีนี้สามารถแสดงเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

1) เริ่มต้นจากการแก้ปัญหาออปติมัลเพาเวอร์โฟลว์โดยใช้เจเนติกอัลกอริทึม

2) ตรวจสอบเงื่อนไขในการหยุดเจเนติกอัลกอริทึม โดยมีเงื่อนไขในการหยุดคือ เมื่อการเปลี่ยนแปลงค่าความเหมาะสมต่ำสุดภายใน 20 รอบ น้อยกว่าค่าที่ยอมรับได้ค่าหนึ่ง ทั้งนี้จำนวนรอบการถ่ายทอดจะต้องไม่ต่ำกว่า 80 รอบ

3) นำคำตอบจากการแก้ปัญหาโดยใช้เจเนติกอัลกอริทึมมาเป็นจุดเริ่มต้นในการแก้ปัญหาโดยใช้ Sequential quadratic programming

ผลการแก้ปัญหาออปติมัลเพาเวอร์โฟลว์ระบบ 6 บัส 11 สายส่ง และ ระบบ IEEE 30 บัสโดยใช้เจเนติกอัลกอริทึมร่วมกับ Sequential quadratic programming สามารถแสดงได้ในตารางที่ 5.5 และ 5.6 ตามลำดับ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.5 ผลการแก้ปัญหาออปติมัลเพาเวอร์โฟลว์ระบบ 6 บัส 11 สายส่ง
โดยใช้เจเนติกอัลกอริทึมร่วมกับ Sequential quadratic programming

ครั้งที่	ต้นทุนการผลิตรวม (฿/ชั่วโมง)	เวลา (วินาที)
1	3116.40168571	401.34000000
2	3116.38580595	398.98000000
3	3116.40382972	408.98000000
4	3116.38679434	399.25000000
5	3116.38554831	399.20000000
6	3116.40168571	433.86000000
7	3116.39482286	401.23000000
8	3116.40382972	400.52000000
9	3116.40168571	403.05000000
10	3116.38679434	397.99000000
11	3116.43942560	396.07000000
12	3116.38538204	406.45000000
13	3116.40168571	403.09000000
14	**3116.38538204**	**405.02000000**
15	3116.40382972	402.27000000
16	3116.40168571	402.05000000
17	3116.44901814	389.59000000
18	3116.38554831	400.57000000
19	3116.38554831	400.63000000
20	3116.40168571	403.10000000
21	3116.44901814	384.37000000
22	3116.40168571	397.71000000
23	3116.40168571	403.32000000
24	3116.38554831	396.45000000
25	3116.40168571	400.36000000
26	3116.44901814	385.25000000

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.5 (ต่อ)

ครั้งที่	ต้นทุนการผลิตรวม (฿/ชั่วโมง)	เวลา (วินาที)
27	3116.40382972	396.84000000
28	3116.38554831	399.09000000
29	3116.43942560	390.85000000
30	3116.40168571	397.77000000
ค่าต่ำสุด	**3116.38538204**	**384.37000000**
ค่าสูงสุด	**3116.44901814**	**433.86000000**
ค่าเฉลี่ย	**3116.40369349**	**400.17500000**

โดยที่ ฿ คือ สัญลักษณ์แทนหน่วยเงิน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.6 ผลการแก้ปัญหาออปติมัลเพาเวอร์โฟลว์ระบบ IEEE 30 บัส
โดยใช้เจเนติกอัลกอริทึมร่วมกับ Sequential quadratic programming

ครั้งที่	ต้นทุนการผลิตรวม (฿/ชั่วโมง)	เวลา (วินาที)
1	1241.94389686	2938.68000000
2	1241.94538168	3586.91000000
3	1241.94390962	3011.62000000
4	1241.94389852	2877.05000000
5	1241.94389723	2709.36000000
6	1241.94391127	2738.31000000
7	1241.94392127	2956.75000000
8	1241.94391414	3772.34000000
9	1241.94389668	2947.47000000
10	1241.94390922	3051.61000000
11	1241.94389690	2958.17000000
12	**1241.94389665**	**3263.40000000**
13	1241.94393576	2739.90000000
14	1241.94403428	2669.66000000
15	1241.94400536	3017.44000000
16	1241.94389717	2694.59000000
17	1241.94389673	2824.60000000
18	1241.94391322	3041.00000000
19	1241.94395710	3325.24000000
20	1241.94392885	2843.27000000
21	1241.94389877	3076.27000000
22	1241.94389701	3057.54000000
23	1241.94389681	2920.33000000
24	1241.94390950	2806.37000000
25	1241.94389671	3038.53000000
26	1241.94509025	3032.55000000

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.6 (ต่อ)

ครั้งที่	ต้นทุนการผลิตรวม (฿/ชั่วโมง)	เวลา (วินาที)
27	1241.94389703	2806.86000000
28	1241.94389727	2816.03000000
29	1241.94427235	2567.38000000
30	1241.94391488	2745.12000000
ค่าต่ำสุด	**1241.94389665**	**2567.38000000**
ค่าสูงสุด	**1241.94538168**	**3772.34000000**
ค่าเฉลี่ย	**1241.94401564**	**2961.14500000**

โดยที่ ฿ คือ สัญลักษณ์แทนหน่วยเงิน

จากผลการทดลองตั้งแต่ตารางที่ 5.1 ถึงตารางที่ 5.6 เมื่อเปรียบเทียบผลการแก้ปัญหาออปติมัลเพาเวอร์โฟลว์โดยใช้ Sequential quadratic programming เจเนติกอัลกอริทึม และเจเนติกอัลกอริทึมร่วมกับ Sequential quadratic programming จะเห็นว่า การใช้เจเนติกอัลกอริทึมเพียงอย่างเดียวจะให้ต้นทุนการผลิตต่ำก็จริงแต่ว่าจะใช้เวลาในการคำนวณสูงมาก ส่วนการใช้ Sequential quadratic programming เพียงอย่างเดียว ถึงแม้จะใช้เวลาในการคำนวณน้อยแต่ว่าต้นทุนการผลิตที่ได้ก็ยังไม่ต่ำเพียงพอ ดังนั้นการแก้ปัญหาออปติมัลเพาเวอร์โดยใช้เจเนติกอัลกอริทึมร่วมกับ Sequential quadratic programming จึงเป็นวิธีที่เหมาะสมเนื่องมาจาก จะให้ต้นทุนการผลิตที่ต่ำที่สุดอีกทั้งยังใช้เวลาไม่มากเท่าไรเมื่อเทียบกับเจเนติกอัลกอริทึมเพียงอย่างเดียว ดังแสดงในตารางที่ 5.7

ตารางที่ 5.7 เปรียบเทียบผลการทดลอง

วิธี	ต้นทุนการผลิตรวมโดยเฉลี่ย (฿/ชั่วโมง)		เวลาโดยเฉลี่ย (วินาที)	
	6 บัส 11 สายส่ง	IEEE 30 บัส	6 บัส 11 สายส่ง	IEEE 30 บัส
SQP	3153.06541718	1247.41354890	29.46413793	187.06400000
GA	3117.04405890	1242.96634084	1279.01233333	5433.23366667
GA & SQP	3116.40369349	1241.94401564	400.17500000	2961.14500000

โดยที่ SQP คือ ออปติมัลเพาเวอร์โฟลว์ที่ใช้ Sequential quadratic programming

GA คือ ออปติมัลเพาเวอร์โฟลว์ที่ใช้ เจเนติกอัลกอริทึม

5.4 ออปติมัลเพาเวอร์โฟลว์โดยพิจารณาค่าแท็ปของหม้อแปลงเป็นตัวแปรแบบไม่ต่อเนื่อง

ในหัวข้อที่ 5.1 ถึง 5.3 นั้นเราแก้ปัญหาออปติมัลเพาเวอร์โฟลว์โดยพิจารณาค่าแท็ปของหม้อแปลงเป็นตัวแปรแบบต่อเนื่อง แต่ในทางปฏิบัติค่าแท็ปของหม้อแปลงนั้นเป็นค่าที่ไม่ต่อเนื่อง ในหัวข้อนี้จึงนำเอาข้อดีของเจเนติกอัลกอริทึมที่สามารถแก้ปัญหาออปติไมซ์ที่มีตัวแปรแบบไม่ต่อเนื่องได้มาประยุกต์ใช้ และได้ทำการทดลองกับระบบ IEEE 30 บัส โดยที่จะคิดว่าหม้อแปลงแต่ละตัวมีสถานะที่เป็นไปได้ 5 สถานะ คือ 0.950 0.975 1.000 1.025 และ 1.050

ในการแก้ปัญหานี้ได้มีการเปลี่ยนแปลงในขั้นตอนการลงรหัสและการมิวเทชั่น โดยแท็ปของหม้อแปลงจะลงรหัสโดยใช้เลขจำนวนเต็มตั้งแต่ 0 ถึง 4 เพื่อแทนสถานะทั้ง 5 สถานะของหม้อแปลง ส่วนการมิวเทชั่นจะทำโดย ถ้าบิตเดิมเป็น 0 ก็จะเปลี่ยนเป็น 1 ถ้าบิตเดิมเป็น 1 ก็จะเปลี่ยนเป็น 2 เช่นนี้ไปเรื่อยๆดังแสดงในรูปที่ 5.1

รูปที่ 5.1 การมิวเทชั่น

ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 5.8

ตารางที่ 5.8 ผลการแก้ปัญหาออปติมัลเพาเวอร์โฟลว์ระบบ IEEE 30 บัส

ตัวแปร	P_2(MW)	P_8(MW)	V_1	V_2	V_5	V_8
ค่า	68.8165	63.9681	1.0984	1.0857	1.0476	1.0651

V_{11}	V_{13}	T(6,9)	T(6,10)	T(4,12)	T(28,27)	Cost (฿/hr)
1.0968	1.0746	1.0250	0.9750	1.0000	0.9750	1242.49

โดยที่ P_i คือ กำลังจริงที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่บัส i จ่าย

V_i คือ แรงดันที่บัส i

T(i,j) คือ ค่าแท็ปของหม้อแปลงที่ต่อระหว่างบัส i และบัส j

Cost คือ ต้นทุนการผลิตรวมของระบบ