# บทที่ 5

# วิธีการเลือกขนาดและการจัดสรรหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่เหมาะสม

ในบทนี้จะอธิบายถึงปัญหาและแนวทางการแก้ปัญหา ในการเลือกขนาดและการจัดสรรของหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่เหมาะสม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าภายในระบบ พร้อมทั้งเป็นการลดความสูญเสียที่เกิดขึ้นในระบบจำหน่ายไฟฟ้า โดยจะอธิบายถึงวิธีการในการกำหนดรูปแบบของปัญหาให้อยู่ในรูปของสมการทางคณิตศาสตร์ รวมทั้งฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของการโปรแกรมเชิงวิวัฒนาการ และข้อจำกัดของระบบ ซึ่งอ้างอิงตามมาตรฐานและข้อกำหนดของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคของประเทศไทย โดยใช้อัลกอริทึมที่ได้กล่าวถึงไว้ในบทที่ 4 เข้ามาช่วยแก้ปัญหาดังกล่าว

วัตถุประสงค์ในการจัดสรรและหาขนาดที่เหมาะสมของหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว คือ ต้องการหาจำนวน, ขนาด, และตำแหน่งของบัสที่จะทำการติดตั้งหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวทั้งสองชนิด ได้แก่ พลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานกังหันลม โดยที่หน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวทั้งสองชนิดจะต้องไม่ติดตั้งที่บัสเดียวกัน และเมื่อทำการติดตั้งเข้าไปแล้วจะช่วยให้การถ่ายโอนของกำลังไฟฟ้าของระบบเพิ่มมากขึ้น ในขณะที่กำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบไฟฟ้าลดลง โดยแสดงในรูปของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่จะกล่าวในหัวข้อถัดไป

## 5.1 ฟังก์ชันวัตถุประสงค์

ค่าฟังก์ชันที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้กับการโปรแกรมเชิงวิวัฒนาการพิจารณาจากผลตอบแทนสูงสุดที่ได้จากการปรับปรุงระบบไฟฟ้าเมื่อเทียบกับการลงทุนในการติดตั้งและใช้งาน ฟังก์ชันที่ได้สามารถกำหนดได้ดังนี้ [51]

$$Maximize\ F = B - TC \tag{5.1}$$

เมื่อ $F$ คือ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์

$B$ คือ ผลตอบแทนที่ได้จากการปรับปรุงระบบไฟฟ้า (Benefit)

$TC$ คือ ต้นทุนรวม (Total Cost)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5.1.1 ผลตอบแทนจากการปรับปรุงระบบไฟฟ้า (Benefit)

หลังจากขั้นตอนการหาการไหลของกำลังไฟฟ้าภายในระบบโดยวิธีการนิวตัน-ราฟสัน สามารถหากำลังไฟฟ้าจริงของโหลดที่บัสใด ๆ หลังจากการติดตั้งหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว ได้ดังสมการที่ (5.2)

$$P_{Di} = P_{Gi} - \sum_{j=1}^{N_B} |V_i||V_j||Y_{ij}|\cos\left(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j\right) \tag{5.2}$$

เมื่อ $P_{Gi}$ คือ กำลังไฟฟ้าจริงของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่บัส $i$

$P_{Di}$ คือ กำลังไฟฟ้าจริงของโหลดที่บัส $i$

$N_B$ คือ จำนวนบัสของระบบที่ต่อกับบัส $i$

$Y_{ij}, \theta_{ij}$ คือ ขนาดและมุมของแอดมิตแตนซ์จากบัส $i$ ไปยังบัส $j$

$V_i, V_j$ คือ แรงดันไฟฟ้าที่บัส $i$ และบัส $j$ ตามลำดับ

$\delta_i, \delta_j$ คือ มุมของแรงดันไฟฟ้าที่บัส $i$ และบัส $j$ ตามลำดับ

กำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟของระบบในรูปของสมการเชิงซ้อน คือ

$$P_i + jQ_i = V_i I_i^* \tag{5.3}$$

$$S_i = V_i I_i^* \tag{5.4}$$

เมื่อ $P_i$ คือ กำลังไฟฟ้าจริงที่บัส $i$

$Q_i$ คือ กำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟที่บัส $i$

$S_i$ คือ กำลังไฟฟ้าปรากฏที่บัส $i$

$V_i$ คือ แรงดันไฟฟ้าที่บัส $i$

$I_i^*$ คือ ค่าคอนจูเกตกระแสไฟฟ้าที่บัส $i$

สมการกำลังไฟฟ้าปรากฏระหว่างบัส $i$ และบัส $j$ และระหว่างบัส $j$ และ บัส $i$ สามารถเขียนได้ ดังนี้

$$S_{ij} = V_i I_{ij}^* \tag{5.5}$$

$$S_{ji} = V_j I_{ji}^* \tag{5.6}$$

กำลังไฟฟ้าสูญเสียในสายส่งระหว่างบัส $i$ และบัส $j$ สามารถหาได้จากผลรวมของสมการที่ (5.5) และ (5.6) ได้ดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

$$S_{L,ij} = S_{ij} + S_{ji} \tag{5.7}$$

$$S_{L,ij} = P_L + jQ_L \tag{5.8}$$

กำลังไฟฟ้าจริงของโหลดในระบบจะพิจารณาจากผลต่างของกำลังไฟฟ้าจริงของโหลด กรณีที่มีการติดตั้งและไม่มีการติดตั้งหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวเข้าไปในระบบ โดยสามารถแสดงได้ดังสมการต่อไปนี้

$$\Delta P_D = P_{D,WDG} - P_{D,WODG} \tag{5.9}$$

$$\Delta P_D = P_{D,WDG} - P_D^{base} \tag{5.10}$$

เมื่อ $\Delta P_D$ คือ ผลต่างระหว่างกำลังไฟฟ้าจริงของโหลด

$P_{D,WDG}$ คือ กำลังไฟฟ้าจริงของโหลด กรณีที่มีการติดตั้ง DG

$P_{D,WODG}$ คือ กำลังไฟฟ้าจริงของโหลด กรณีที่ไม่มีการติดตั้ง DG

$P_D^{base}$ คือ ค่าฐานกำลังไฟฟ้าจริงของโหลด

กำลังไฟฟ้าจริงที่ไหลในระบบสามารถพิจารณาเป็นรายวัน, รายเดือน, หรือรายปีก็ได้ โดยในวิทยานิพนธ์นี้จะเลือกใช้การคำนวณโหลดแบบรายปี โดยพิจารณาที่ปีแรกเท่านั้น และกำหนดให้ค่าฐานกำลังไฟฟ้าของโหลดมีค่าคงที่ตลอดทั้งปี ซึ่งกำลังไฟฟ้าของโหลดสามารถคำนวณได้ ดังนี้

$$\Delta P_{Di} = \sum_{i=1}^{ND_SNK} P_{Di,WDG} - \sum_{i=1}^{ND_SNK} P_{Di}^{base} \tag{5.11}$$

โดยในส่วนของกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาที่พิจารณาในวิทยานิพนธ์นี้จะพิจารณาเฉพาะกำลังไฟฟ้าจริง สามารถเขียนสมการกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่เกิดขึ้นตามการเปลี่ยนแปลงของกรณีที่มีและไม่มีการติดตั้งหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว ได้ดังนี้

$$\Delta P_L = P_{L,WDG} - P_{L,WODG} \tag{5.12}$$

$$\Delta P_L = P_{L,WDG} - P_L^{base} \tag{5.13}$$

$$\Delta P_{Li} = \sum_{i=1}^{ND_SNK} P_{Li,WDG} - \sum_{i=1}^{ND_SNK} P_{Li}^{base} \tag{5.14}$$

เมื่อพิจารณาสมการที่ (5.11) และ (5.14) สามารถแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าที่ระบบสามารถรองรับโหลดได้เพิ่มขึ้นและกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่เกิด เมื่อมีการติดตั้ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวเข้าไปในระบบ จากสมการทั้งสอง แสดงให้เห็นถึงผลต่างของกำลังไฟฟ้าจริงที่เกิดขึ้นในระบบ ซึ่งสามารถพิจารณาได้ ดังนี้

$$\Delta P_{Di} - \Delta P_{Li} = \left( \sum_{i=1}^{ND_SNK} P_{Di,WDG} - \sum_{i=1}^{ND_SNK} P_{Di}^{base} \right) - \left( \sum_{i=1}^{ND_SNK} P_{Li,WDG} - \sum_{i=1}^{ND_SNK} P_{Li}^{base} \right) \quad (5.15)$$

จากสมการที่ (5.15) แสดงถึงผลต่างของกำลังไฟฟ้าจริงที่เพิ่มโดยกำหนดให้เป็นกำลังไฟฟ้าจริงที่เกิดขึ้นรายชั่วโมง หากจะพิจารณากำลังไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นรายปีสามารถเขียนได้ ดังนี้

$$\Delta P_{Di} - \Delta P_{Li} = \left[ \left( \sum_{i=1}^{ND_SNK} P_{Di,WDG} - \sum_{i=1}^{ND_SNK} P_{Di}^{base} \right) - \left( \sum_{i=1}^{ND_SNK} P_{Li,WDG} - \sum_{i=1}^{ND_SNK} P_{Li}^{base} \right) \right] \cdot 8,760 \quad (5.16)$$

และสามารถหาค่าพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยได้โดยคูณราคาขายไฟฟ้าของระบบต่อหน่วยเข้าไป ก็จะสามารถหาค่าราคาไฟฟ้าต่อหน่วยของระบบที่เพิ่มขึ้นเป็นรายปีได้ แสดงได้ดังสมการต่อไปนี้

$$\Delta P_{Di} - \Delta P_{Li} = \left[ \left( \sum_{i=1}^{ND_SNK} P_{Di,WDG} - \sum_{i=1}^{ND_SNK} P_{Di}^{base} \right) - \left( \sum_{i=1}^{ND_SNK} P_{Li,WDG} - \sum_{i=1}^{ND_SNK} P_{Li}^{base} \right) \right] \cdot 8,760 \cdot C_e \quad (5.17)$$

ผลตอบแทนสูงสุดที่ได้จากการปรับปรุงระบบไฟฟ้าคิดจาก ผลต่างระหว่างกำลังไฟฟ้าจริงที่เพิ่มขึ้นในช่วงเวลาที่กำหนด และกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่เกิดขึ้นในกรณีที่มีและไม่มีการติดตั้งหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวเข้าไปในระบบจำหน่ายไฟฟ้า สามารถแสดงในสมการที่ (5.18) คือ

$$B = \left[ \left( \sum_{i=1}^{ND_SNK} P_{Di,WDG} - \sum_{i=1}^{ND_SNK} P_{Di}^{base} \right) - \left( \sum_{i=1}^{ND_SNK} P_{Li,WDG} - \sum_{i=1}^{ND_SNK} P_{Li}^{base} \right) \right] \cdot 8,760 \cdot C_e \quad (5.18)$$

เมื่อ $P_{Di,WDG}$ คือ กำลังไฟฟ้าจริงของโหลดที่บัส $i$ กรณีที่มีการติดตั้ง DG

$P_{Di}^{base}$ คือ ค่าฐานของความต้องการกำลังไฟฟ้าจริงที่บัส $i$

$P_{Li,WDG}$ คือ กำลังไฟฟ้าสูญเสียที่บัส $i$ กรณีที่มีการติดตั้ง DG

$P_{Li}^{base}$ คือ ค่าฐานของกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่บัส $i$

$ND_SNK$ คือ จำนวนโหลดบัสของระบบที่ต้องการศึกษา

$C_e$ คือ ราคาขายไฟฟ้าของระบบต่อหน่วย โดยกำหนดให้เท่ากับ 100 $/MWh

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5.1.2 ต้นทุนรวม (Total Cost: $TC$ )

ประเภทของต้นทุนที่เกี่ยวกับหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว [53] จะเกิดขึ้นเมื่อมีการติดตั้ง, การเปลี่ยน, หรือการเพิ่มขึ้นของหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวในระบบไฟฟ้า การวิเคราะห์เรื่องค่าใช้จ่ายหรือต้นทุนต่าง ๆ สามารถจำแนกออกได้เป็นสองส่วน คือ

(1) ต้นทุนแบบคงที่ (Fixed cost) ได้แก่ ค่าใช้จ่ายเริ่มต้น (Initial cost), อัตราดอกเบี้ย (Rate of interest), ค่าเสื่อมราคา (Depreciation cost), ภาษี (Taxes), และการประกันภัย (Insurance)

(2) ต้นทุนในการดำเนินงาน (Operational cost) ได้แก่ ค่าเชื้อเพลิง (Fuel cost), ค่าแรงในการดำเนินงาน (Operating labour cost), ค่าบำรุงรักษา (Maintenance cost), อุปกรณ์ (Supplies), และ การกำกับดูแลกิจการ (Supervision)

จากต้นทุนทั้งสองประเภทจะเลือกพิจารณาต้นทุนแบบคงที่ในส่วนของค่าใช้จ่ายเริ่มต้น คือ ต้นทุนในการติดตั้ง (Installation cost) และเลือกพิจารณาต้นทุนในการดำเนินงานในส่วนของต้นทุนในการดำเนินงานและการบำรุงรักษา (Operation and Maintenance cost)

ต้นทุนในการติดตั้งหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวตามกำลังผลิตที่เพิ่มเข้าไปในระบบกรณีติดตั้งเข้าไปเพียงหนึ่งบัสเชื่อมต่อ สามารถพิจารณาได้จาก

$$Installation\ Cost = IC_j \cdot P_{DG,ij} \tag{5.19}$$

ในกรณีที่มีหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวติดตั้งเข้าไปในระบบไฟฟ้ามากกว่าหนึ่งบัสเชื่อมต่อ ผลรวมทั้งหมดที่ได้จากการติดตั้งสามารถพิจารณาได้จาก

$$Installation\ Cost = \sum_{i=1}^{ND_SNK} \sum_{j \in Tech} IC_j \cdot P_{DG,ij} \tag{5.20}$$

ต้นทุนในการดำเนินงานและการบำรุงรักษาหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวเป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติงานเมื่อครบรอบการบำรุงรักษา ซึ่งการบำรุงรักษาที่ดีจะเป็นการช่วยให้เกิดความเชื่อถือได้ในระบบและพร้อมเชื่อมต่อเข้าสู่ระบบเสมอ ต้นทุนในการการดำเนินงานของหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวสามารถหาได้จาก

$$Operation\ and\ Maintenance\ Cost = OC_j \cdot P_{DG,ij} \tag{5.21}$$

เนื่องจากในวิทยานิพนธ์นี้พิจารณาหน่วยผลิตไฟฟ้ามาจากสองประเภท คือ หน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวประเภทพลังงานแสงอาทิตย์ และพลังงานกังหันลม จึงมีส่วนของค่าตัวประกอบในการผลิตไฟฟ้า (Plant factor: $a_j$ ) แตกต่างกันออกไป โดยค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

หมายถึง สัดส่วนของพลังงานที่ผลิตได้ในช่วงเวลาหนึ่งต่อพลังงานที่คาดว่าจะผลิตได้เต็มตามศักยภาพในช่วงเวลาทั้งหมด โดยปกติทั่วไป ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าจะต่ำกว่า 1 หรือ ต่ำกว่า 100% [54] โดยคิดเฉลี่ยต่อ 1 ปี สามารถหาค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ได้จาก

$$Operation\ and\ Maintenance\ Cost = OC_j \cdot P_{DG,ij} \cdot a_j \cdot 8,760 \qquad (5.22)$$

ในกรณีที่มีหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวติดตั้งเข้าไปในระบบไฟฟ้ามากกว่าหนึ่งบัสเชื่อมต่อ ผลรวมทั้งหมดที่ได้ สามารถพิจารณาได้จาก

$$Operation\ and\ Maintenance\ Cost = \sum_{i=1}^{ND_SNK} \sum_{j \in Tech} OC_j \cdot P_{DG,ij} \cdot a_j \cdot 8,760 \qquad (5.23)$$

เมื่อ $TC$ คือ ต้นทุนรวมทั้งหมดโดยคำนึงถึงการลงทุนในการติดตั้งและใช้งานของหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวแต่ละชนิด ต้นทุนรวมสามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้ [55]

$$TC = Installation\ Cost + Operation\ and\ Maintenance\ Cost \qquad (5.24)$$

$$TC = \sum_{i=1}^{ND_SNK} \sum_{j \in Tech} IC_j \cdot P_{DG,ij} + \sum_{i=1}^{ND_SNK} \sum_{j \in Tech} OC_j \cdot P_{DG,ij} \cdot a_j \cdot 8,760 \qquad (5.25)$$

เมื่อ $IC_j$ คือ ต้นทุนการติดตั้งของหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวประเภท $j$

$OC_j$ คือ ต้นทุนการดำเนินการของหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวแต่ละประเภท

$P_{DG,ij}$ คือ กำลังไฟฟ้าจริงของหน่วยผลิตไฟฟ้าประเภท $j$ ที่เพิ่มขึ้นที่บัส $i$

$j$ คือ ประเภทของหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว

$a_j$ คือ ค่าตัวประกอบการผลิตไฟฟ้าของหน่วยผลิตไฟฟ้า $j$

$ND_SNK$ คือ จำนวนโหลดบัสของระบบที่ต้องการศึกษา

5.1.3 วิธีการประเมินทางเศรษฐศาสตร์ (Economic-Evaluation Methods)

วิธีการในการประเมินประสิทธิภาพทางด้านเศรษฐศาสตร์ [53] ที่เกี่ยวข้องกับระบบไฟฟ้านั้นสามารถจำแนกได้หลายวิธี เช่น วิธีต้นทุนตลอดอายุการใช้งาน (Life-Cycle Cost method: LCC), วิธีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value method: NPV), วิธีอัตราส่วนของผลประโยชน์ต่อต้นทุน (Benefit-to-cost ratio method), วิธีอัตราผลตอบแทนโดยรวม (Overall rate-of-return method), และ วิธีระยะเวลาในการคืนทุน (Discounted Payback method) เป็นต้น [56] โดยในวิทยานิพนธ์นี้ได้นำวิธีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ หรือวิธีผลประโยชน์สุทธิ (Net Benefits Method) มาใช้เพื่อเป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

วิธีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นวิธีที่ใช้หาส่วนเกินจากผลประโยชน์ที่มากกว่าต้นทุน วิธีการนี้จะใช้ในการประเมินส่วนต่างระหว่างผลประโยชน์ต่อต้นทุน โดยต้นทุนที่ประหยัดได้ คือ ผลประโยชน์ที่ได้รับ เมื่อใช้ในการประเมินประสิทธิภาพของพลังงานและระบบพลังงานทดแทน ผลประโยชน์ที่คำนึงถึงส่วนใหญ่จะเป็นประโยชน์ในแง่ของการประหยัดต้นทุนพลังงาน แต่อย่างไรก็ตามก็ขึ้นอยู่กับฟังก์ชันวัตถุประสงค์ว่าต้องการจะพิจารณาในส่วนใด วิธีมูลค่าปัจจุบันสุทธิสามารถหาได้จากสมการต่อไปนี้ [53]

$$NPV = \sum_{t=0}^{N} \frac{(B_t - C_t)}{(1+d)^t} \tag{5.26}$$

เมื่อ $NPV$ คือ ผลประโยชน์มูลค่าปัจจุบันสุทธิ

$B_t$ คือ ผลประโยชน์ในปีที่ $t$

$C_t$ คือ ต้นทุนของการลงทุนในปีที่ $t$

$d$ คือ อัตราส่วนลด (Discount rate)

$N$ คือ จำนวนปีของโครงการที่พิจารณา

ในวิทยานิพนธ์พิจารณาผลประโยชน์ที่ได้จากผลต่างระหว่างกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่สามารถส่งจ่ายได้ในระบบ และความสูญเสียที่เกิดขึ้นหลังจากการติดตั้งหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวเข้าไปในระบบจำหน่ายไฟฟ้าโดยคิดออกมาในรูปของค่าพลังงานไฟฟ้า และพิจารณาต้นทุนรวมที่ได้จากต้นทุนที่ใช้ในการติดตั้ง ต้นทุนในการดำเนินงาน และการบำรุงรักษา เมื่อนำทั้งสองส่วนมาเขียนให้อยู่ในรูปแบบการประเมินทางเศรษฐศาสตร์สามารถแสดงได้ ดังนี้

$$F = \sum_{t=0}^{N} \frac{\left\{\left[\left(\sum_{i=1}^{ND_SNK} P_{Di,WDG} - \sum_{i=1}^{ND_SNK} P_{Di}^{base}\right) - \left(\sum_{i=1}^{ND_SNK} P_{Li,WDG} - \sum_{i=1}^{ND_SNK} P_{Li}^{base}\right)\right] \cdot 8,760 \cdot C_e\right\} - \left\{\left(\sum_{i=1}^{ND_SNK} \sum_{j \in Tech} IC_j \cdot P_{DG,ij}\right) + \left(\sum_{i=1}^{ND_SNK} \sum_{j \in Tech} OC_j \cdot P_{DG,ij} \cdot a_j \cdot 8,760\right)\right\}}{(1+d)^t} \tag{5.27}$$

แต่เนื่องจากในวิทยานิพนธ์ไม่ได้คำนึงถึงอัตราส่วนลดและจำนวนปีของโครงการที่พิจารณา และพิจารณาถึงผลตอบแทนสูงสุดที่ได้ต่อต้นทุน ดังนั้น สมการ (5.27) สามารถเรียบเรียงได้ใหม่ คือ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

$$Maximize\ F = \left\{\left[\left(\sum_{i=1}^{ND_SNK} P_{Di,WDG} - \sum_{i=1}^{ND_SNK} P_{Di}^{base}\right) - \left(\sum_{i=1}^{ND_SNK} P_{Li,WDG} - \sum_{i=1}^{ND_SNK} P_{Li}^{base}\right)\right] \cdot 8,760 \cdot C_e\right\}$$
$$- \left\{\left(\sum_{i=1}^{ND_SNK} \sum_{j \in Tech} IC_j \cdot P_{DG,ij}\right) + \left(\sum_{i=1}^{ND_SNK} \sum_{j \in Tech} OC_j \cdot P_{DG,ij} \cdot a_j \cdot 8,760\right)\right\} \quad (5.28)$$

เมื่อ $P_{Di,WDG}$ คือ กำลังไฟฟ้าจริงของโหลดที่บัส $i$ กรณีที่มีการติดตั้ง DG

$P_{Di}^{base}$ คือ ค่าฐานของความต้องการกำลังไฟฟ้าจริงที่บัส $i$

$P_{Li,WDG}$ คือ กำลังไฟฟ้าสูญเสียที่บัส $i$ กรณีที่มีการติดตั้ง DG

$P_{Li}^{base}$ คือ ค่าฐานของกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่บัส $i$

$ND_SNK$ คือ จำนวนโหลดบัสของระบบที่ต้องการศึกษา

$C_e$ คือ ราคาขายไฟฟ้าของระบบต่อหน่วย โดยกำหนดให้เท่ากับ 100 $/MWh

$IC_j$ คือ ต้นทุนการติดตั้งของหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวประเภท $j$

$OC_j$ คือ ต้นทุนการดำเนินการของหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวแต่ละประเภท $j$

$P_{DG,ij}$ คือ กำลังไฟฟ้าจริงของหน่วยผลิตไฟฟ้าประเภท $j$ ที่เพิ่มขึ้นที่บัส $i$

$j$ คือ ประเภทของหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว

$a_j$ คือ ค่าตัวประกอบการผลิตไฟฟ้าของหน่วยผลิตไฟฟ้า $j$

ตาราง 5.1 ข้อมูลทางด้านเทคนิคและเศรษฐศาสตร์ของหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว

| ประเภท | ต้นทุนการติดตั้ง ($/MW) | ต้นทุนการดำเนินการ ($/MWh) | ขนาดเชิงพานิชย์ (kW) | ค่าประกอบของหน่วยผลิตไฟฟ้า (%) |
|---|---|---|---|---|
| พลังงานแสงอาทิตย์ | 618,000 | 0.0 | 100 | 25 |
| พลังงานกังหันลม | 206,000 | 10.9 | 200, 300 | 20 |

ข้อมูลทางด้านเทคนิคและเศรษฐศาสตร์ของหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวแต่ละชนิดสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 5.1 [55], [57]

**5.2 ข้อจำกัดของระบบทดสอบ**

5.2.1 ข้อจำกัดแบบสมการ

(1) ความสัมพันธ์ของสมการกำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟ โดยความสัมพันธ์ของสมการกำลังไฟฟ้าจริงเป็นเงื่อนไขสำหรับทุก ๆ บัส ยกเว้นที่สแล็คบัส และสมการของ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

กำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟเป็นเงื่อนไขสำหรับโหลดบัสทั้งหมด ซึ่งสามารถแสดงได้ดังสมการที่ (5.29) และ (5.30) ดังนี้

$$P_{G,i} - P_{D,i} - \sum_{j=1}^{N_B} |V_i||V_j||Y_{ij}|\cos\left(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j\right) = 0 \tag{5.29}$$

$$Q_{G,i} - Q_{D,i} + \sum_{j=1}^{N_B} |V_i||V_j||Y_{ij}|\sin\left(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j\right) = 0 \tag{5.30}$$

เมื่อ $P_{G,i}$ คือ กำลังไฟฟ้าจริงของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่บัส $i$

$Q_{G,i}$ คือ กำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่บัส $i$

$P_{D,i}$ คือ กำลังไฟฟ้าจริงของโหลดที่บัส $i$

$Q_{D,i}$ คือ กำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟของโหลดที่บัส $i$

$N_B$ คือ จำนวนบัสของระบบ

$Y_{ij}, \theta_{ij}$ คือ ขนาดและมุมของแอดมิตแตนซ์จากบัส $i$ ไปยังบัส $j$

$V_i, V_j$ คือ แรงดันไฟฟ้าที่บัส $i$ และบัส $j$ ตามลำดับ

$\delta_i, \delta_j$ คือ มุมของแรงดันไฟฟ้าที่บัส $i$ และบัส $j$ ตามลำดับ

เนื่องจากในวิทยานิพนธ์นี้พิจารณาเฉพาะกำลังไฟฟ้าจริงที่ได้จากหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวเพียงอย่างเดียว ดังนั้น ค่าเริ่มต้นของกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟของหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวจะถูกกำหนดให้เท่ากับศูนย์

5.2.2 ข้อจำกัดแบบอสมการ

(1) กำลังไฟฟ้าจริงของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่บัส $i$

$$P_{G,i}^{\min} \le P_{G,i} \le P_{G,i}^{\max} \tag{5.31}$$

เมื่อ $P_{G,i}$ คือ กำลังไฟฟ้าจริงของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่บัส $i$

$P_{G,i}^{\min}$ คือ พิกัดกำลังไฟฟ้าต่ำสุดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่บัส $i$

$P_{G,i}^{\max}$ คือ พิกัดกำลังไฟฟ้าสูงสุดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่บัส $i$

(2) กำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่บัส $i$

$$Q_{G,i}^{\min} \le Q_{G,i} \le Q_{G,i}^{\max} \tag{5.32}$$

เมื่อ $Q_{G,i}$ คือ กำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่บัส $i$

$Q_{G,i}^{\min}$ คือ พิกัดกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟต่ำสุดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่บัส $i$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

$Q_{G,i}^{\max}$ คือ พิกัดกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟสูงสุดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่บัส $i$

(3) ขนาดของแรงดันไฟฟ้าที่บัส $i$ จะต้องอยู่ในขอบเขตของระดับแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดของระบบ ตรวจสอบได้โดยวิเคราะห์จากการไหลของกำลังไฟฟ้าในระบบ [58]-[59]

$$V_i^{\min} \le V_i \le V_i^{\max} \tag{5.33}$$

เมื่อ $V_i$ คือ ขนาดแรงดันไฟฟ้าที่บัส $i$

$V_i^{\min}$ คือ พิกัดแรงดันไฟฟ้าต่ำสุดที่บัส $i$

$V_i^{\max}$ คือ พิกัดแรงดันไฟฟ้าสูงสุดที่บัส $i$

(4) กำลังไฟฟ้าที่ไหลในระบบ จะต้องไม่เกินกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่สายส่งของระบบสามารถรับได้

$$|S_{Li}| \le S_{Li}^{\max} \tag{5.34}$$

เมื่อ $|S_{Li}|$ คือ กำลังไฟฟ้าปรากฏที่ไหลในสายส่ง $i$

$S_{Li}^{\max}$ คือ พิกัดกำลังไฟฟ้าปรากฏสูงสุดที่ไหลผ่านสายส่ง

(5) กระแสสูงสุดที่ไหลได้ในระบบ

$$I_i \le I_i^{\max} \tag{5.35}$$

เมื่อ $I_i$ คือ กระแสไฟฟ้าที่ไหลในสายส่ง $i$ ของระบบ

$I_i^{\max}$ คือ พิกัดของกระแสไฟฟ้าสูงสุดที่ไหลในสายส่ง $i$

(6) กำลังไฟฟ้าจริงของหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่เพิ่มเข้าไปในระบบ ต้องน้อยกว่าหรือเท่ากับ พิกัดกำลังไฟฟ้าสูงสุดของแต่ละหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่เพิ่มเข้าไปในแต่ละบัส $i$

$$P_{DG,i} \le P_{DG}^{\max} \tag{5.36}$$

เมื่อ $P_{DG,i}$ คือ กำลังไฟฟ้าจริงของหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว ที่เพิ่มเข้าไปที่บัส $i$

$P_{DG,i}^{\max}$ คือ พิกัดกำลังไฟฟ้าสูงสุดของหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว ที่เพิ่มที่บัส $i$

กำลังไฟฟ้าจริงของหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว ที่สามารถเพิ่มเข้าไปในระบบไฟฟ้า จะถูกกำหนดให้พิกัดกำลังไฟฟ้าสูงสุดของหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวมีค่าไม่เกิน 8 เมกะวัตต์/บัสเชื่อมต่อ โดยอ้างอิงกับระบบจำหน่ายไฟฟ้าส่วนภูมิภาคระดับแรงดัน 22 กิโลโวลต์ [60]

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**5.3 ขั้นตอนการโปรแกรมเชิงวิวัฒนาการบนพื้นฐานการไหลของกำลังไฟฟ้าที่เหมาะสม**

การโปรแกรมเชิงวิวัฒนาการบนพื้นฐานการไหลของกำลังไฟฟ้าที่เหมาะสมในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงอัลกอริทึมที่ใช้เพื่อจัดสรรหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว เมื่อมีการติดตั้งเข้าไปในระบบไฟฟ้า พร้อมทั้งอธิบายแผนผังของวิธีการโปรแกรมเชิงวิวัฒนาการเมื่อมีการติดตั้งหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว ซึ่งแผนผังของวิธีการดังกล่าว สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 5.1 และขั้นตอนการคำนวณต่าง ๆ สามารถอธิบายเป็นขั้นตอนได้ ดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 เก็บค่าตัวแปรควบคุมของระบบ

เก็บค่าตัวแปรควบคุมของระบบได้จากข้อมูลบัสและข้อมูลสายส่งของระบบที่ทำการศึกษา พร้อมทั้งตัวแปรควบคุมของหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจาย โดยใช้วิธีการเวกเตอร์ทดลอง (Trial solution vector) ตัวแปรควบคุมทั้งหมดของค่าเฉพาะแต่ละประชากรในระบบสามารถเขียนให้อยู่ในรูปของสมการที่ (5.37) ดังนี้

$$V_k^T = \left[P_{Gi}, V_{Gi}, P_{Di}, Loc_i, Size_i\right] \tag{5.37}$$

เมื่อ $P_{Gi}$ คือ กำลังไฟฟ้าจริงของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่บัส $i$ ยกเว้นที่สแล็คบัส

$V_{Gi}$ คือ ขนาดแรงดันไฟฟ้าที่บัส $i$ รวมกับสแล็คบัส

$P_{Di}$ คือ ความต้องการกำลังไฟฟ้าจริงที่บัส $i$

$Loc_i$ คือ ประเภทและตำแหน่งของหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว

$Size_i$ คือ ขนาดของหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว

ตัวแปรควบคุมของหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว ได้แก่ ประเภท, ตำแหน่ง, และขนาดของหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวแต่ละประเภท แสดงได้ดังสมการที่ (5.38) และ (5.39)

$$Loc_i = U\left[Loc_1, Loc_2\right] \tag{5.38}$$

$$Size_i = U\left[Size_1, Size_2\right] \tag{5.39}$$

เมื่อ $U\left[Loc_1, Loc_2\right]$ คือ ตัวแปรควบคุมประเภทและตำแหน่งของหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว

$U\left[Size_1, Size_2\right]$ คือ ตัวแปรควบคุมขนาดของหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว

$Loc_1$ คือ บัสที่ติดตั้งหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว ประเภทพลังงานแสงอาทิตย์

$Loc_2$ คือ บัสที่ติดตั้งหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว ประเภทพลังงากังหันลม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

$Size_1$ คือ ขนาดของหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบบกระจายตัว ประเภทพลังงานแสงอาทิตย์

$Size_2$ คือ ขนาดของหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบบกระจายตัว ประเภทพลังงานกังหันลม

ในการจำลองการติดตั้งหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว ทั้งจากประเภทพลังงานแสงอาทิตย์ และพลังงานกังหันลม กำหนดให้พิกัดสูงสุดของหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวแต่ละประเภท ที่ติดตั้งมีขนาดไม่เกิน 8 เมกะวัตต์/บัสเชื่อมต่อ การกำหนดให้ตำแหน่งของบัสเริ่มต้นที่จะทำการติดตั้งหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวเข้าไป ได้มาจากการสุ่มหาตำแหน่ง และเนื่องจากในวิทยานิพนธ์นี้พิจารณาเฉพาะกำลังไฟฟ้าจริงจากหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวเพียงอย่างเดียว ดังนั้น ค่าเริ่มต้นของกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟของหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวจึงถูกกำหนดให้เท่ากับศูนย์

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดขนาดของประชากรเริ่มต้น

การกำหนดขนาดของประชากรเริ่มต้น (Population size: *popsize*) จะทำการเลือกตัวแปรในการคำนวณ หรือเลือกค่าเฉพาะแต่ละประชากร โดยพิจารณาจากปัญหา ซึ่งการกำหนดขนาดของประชากรเริ่มต้นสามารถพิจารณาจากตัวแปรควบคุมของระบบที่แสดงในสมการที่ (5.37) และคำนวณหาจำนวนประชากรเริ่มต้นได้ ซึ่งวิธีการคำนวณสามารถแสดงได้ ดังนี้

$$popsize = 20 \times Int\left(5 - 4e^{-k/40}\right) \tag{5.40}$$

พร้อมทั้งกำหนดรุ่นประชากรสูงสุด (Maximum generation: *maxgen*) ในการคำนวณโดยกำหนดให้มีค่าประมาณ 400

ขั้นตอนที่ 3 สุ่มหาตัวแปรสภาวะเพื่อเป็นประชากรต้นกำเนิด

ประชากรเริ่มต้นจะประกอบไปด้วย ค่าเฉพาะแต่ละประชากรที่หาค่าได้มาจากการสุ่ม โดยค่าทั้งหมดจะถูกกำหนดอยู่ในช่วงที่เป็นไปได้ของแต่ละตัวแปรควบคุม สามารถแสดงได้ ดังสมการที่ (5.41)

$$x_i = x_i^{\min} + \mu\left(x_i^{\max} - x_i^{\min}\right) \tag{5.41}$$

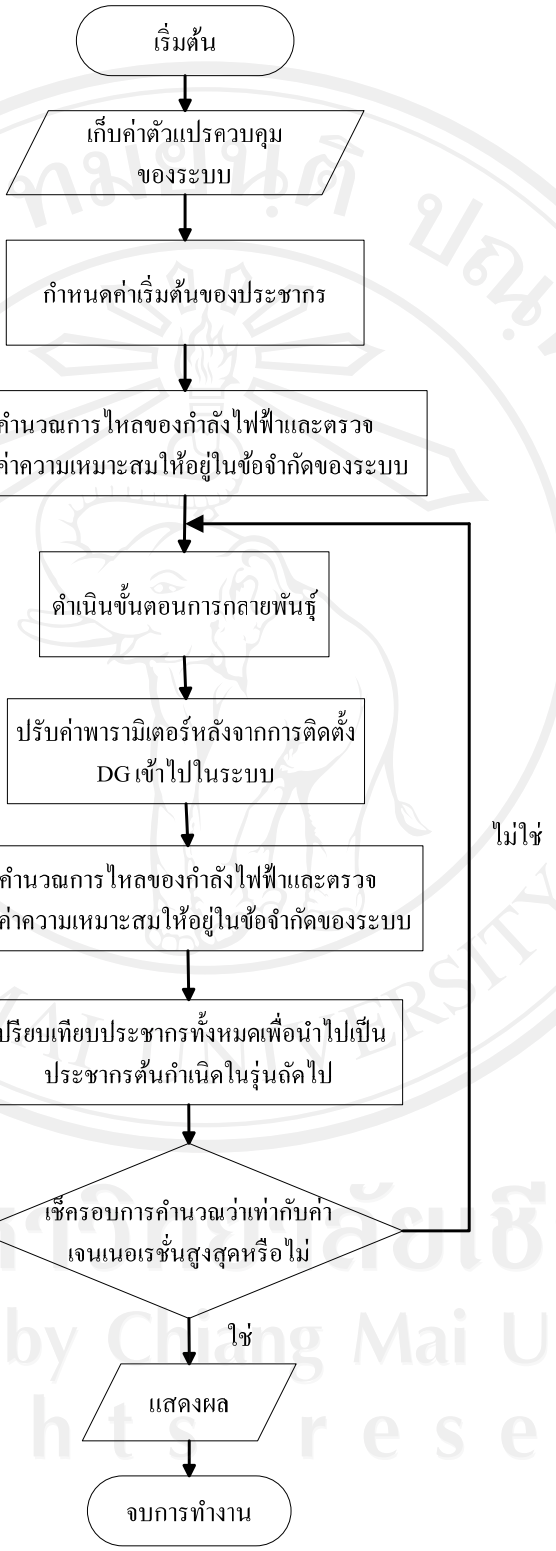
เมื่อ $x_i$ คือ องค์ประกอบของค่าเฉพาะแต่ละประชากรลำดับที่ $i$ ในจำนวนประชากร

$x_i^{\min}$ คือ พิกัดต่ำสุดของค่าเฉพาะแต่ละประชากรลำดับที่ $i$

$x_i^{\max}$ คือ พิกัดสูงสุดของค่าเฉพาะแต่ละประชากรลำดับที่ $i$

$\mu$ คือ จำนวนแบบสุ่ม โดยกำหนดให้มีค่าอยู่ในช่วง $(0,1)$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved




ภาพ 5.1 แผนผังแสดงขั้นตอนการทำงานของการโปรแกรมเชิงวิวัฒนาการบนพื้นฐานของวิธีการไหลของกำลังไฟฟ้าที่เหมาะสม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ขั้นตอนที่ 4 คำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าที่เหมาะสม

ทำการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าที่เหมาะสมของค่าเฉพาะแต่ละประชากร โดยใช้การวิเคราะห์การไหลของกำลังไฟฟ้าแบบนิวตัน-ราฟสัน เพื่อหาค่าต่าง ๆ ก่อนทำการติดตั้งหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวเข้าไปในระบบไฟฟ้า ได้แก่ ขนาดของกำลังไฟฟ้าจริงที่บัสอ้างอิง, ขนาดแรงดันไฟฟ้า, และมุมของแรงดันไฟฟ้าในแต่ละบัส จากนั้นคำนวณหากระแสไฟฟ้าที่ไหลในสายส่ง

ขั้นตอนที่ 5 เช็คข้อจำกัดของระบบ

เช็คข้อจำกัดของระบบทั้งข้อจำกัดแบบสมการและข้อจำกัดแบบอสมการ ได้แก่ ขนาดของแรงดันไฟฟ้าในแต่ละบัส, กำลังไฟฟ้าที่ไหลในระบบ, กำลังไฟฟ้าจริงของหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่เพิ่มเข้าไปในระบบ, และข้อจำกัดของสมดุลพลังงานในระบบ เพื่อตรวจสอบว่าระบบยังคงสามารถทำงานอยู่ในสภาวะปกติได้ หากมีข้อจำกัดใดที่เกินไปจากขอบเขตที่กำหนดต้องย้อนกลับไปทำในขั้นตอนที่ 3 อีกครั้งจนกว่าค่าที่ได้จะอยู่ในช่วงที่กำหนด

ขั้นตอนที่ 6 คำนวณหาค่าความเหมาะสม

คำนวณหาค่าความเหมาะสมของค่าเฉพาะแต่ละประชากรต้นกำเนิดลำดับที่ $k$ สามารถคำนวณหาได้ตามสมการที่ (5.42)

$$f_k = K_f \times F \tag{5.42}$$

เมื่อ $f_k$ คือ ค่าความเหมาะสมของค่าเฉพาะแต่ละประชากรลำดับที่ $k$

$K_f$ คือ ค่าคงที่ (Arbitrary constant)

$F$ คือ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ดังแสดงในสมการที่ (5.1)

ขั้นตอนที่ 7 ขั้นตอนการกลายพันธุ์

ในขั้นตอนนี้เวคเตอร์ค่าเฉพาะแต่ละประชากรของประชากรรุ่นต้นกำเนิดจะถูกกลายพันธุ์ไปเป็นประชากรรุ่นลูก ด้วยวิธีการกลายพันธุ์แบบกระจายปกติ โดยใช้ตัวแปรสุ่มแบบเกาส์ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ และมีค่าความแปรปรวนเท่ากับ $\sigma_{k,i}$ จากขั้นตอนนี้จะได้จำนวนค่าเฉพาะแต่ละประชากรรวมทั้งหมด $2k$ ค่า โดยเป็นจำนวนจากประชากรต้นกำเนิด (Parent) จำนวน $k$ ค่า และค่าเฉพาะแต่ละประชากรจากรุ่นลูกอีก $k$ ค่า องค์ประกอบแต่ละตัวสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (5.43) และ (5.44) ดังนี้

$$x'_{k,i} = x_{k,i} + N\left(0, \sigma_{k,i}\right) \tag{5.43}$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

$$\sigma_{k,i} = \left( x_i^{\max} - x_i^{\min} \right) \left( \frac{f_{\max} - f_k}{f_{\max}} + a^g \right) \tag{5.44}$$

เมื่อ $x'_{k,i}$ คือ องค์ประกอบลำดับที่ $i$ ของค่าเฉพาะแต่ละประชากรรุ่นลูกลำดับที่ $k$

$x_{k,i}$ คือ องค์ประกอบลำดับที่ $i$ ของค่าเฉพาะแต่ละประชากรต้นกำเนิดลำดับที่ $k$

$N\left(0, \sigma_{k,i}\right)$ คือ ตัวแปรสุ่มแบบเกาส์ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ และค่าความแปรปรวนเท่ากับ $\sigma_{k,i}$

$x_i^{\min}$ คือ พิกัดต่ำสุดขององค์ประกอบลำดับที่ $i$ ค่าเฉพาะแต่ละประชากรรุ่นต้นกำเนิด

$x_i^{\max}$ คือ พิกัดสูงสุดขององค์ประกอบลำดับที่ $i$ ค่าเฉพาะแต่ละประชากรรุ่นต้นกำเนิด

$f_k$ คือ ค่าความเหมาะสมของต้นกำเนิดลำดับที่ $k$

$f_{\max}$ คือ ค่าความเหมาะสมสูงสุดของต้นกำเนิด

$a$ คือ จำนวนบวกแบบคงที่ โดยมีค่าน้อยกว่า 1

$g$ คือ จำนวนรอบการทำซ้ำ (Iteration)

ขั้นตอนที่ 8 เปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์

ทำการปรับค่าพารามิเตอร์ตามค่าความสามารถในการรองรับโหลดสูงสุดของระบบ โดยแต่ละค่าที่กำหนดต้องไม่เกินขอบเขตที่กำหนด จากนั้นก็จะทำในขั้นตอนต่อไป

ขั้นตอนที่ 9 คำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าที่เหมาะสม

ทำการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าที่เหมาะสมโดยวิธีการนิวตัน-ราฟสัน ภายหลังจากการติดตั้งหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวเข้าไปในระบบ เพื่อเช็คเงื่อนไขของระบบภายหลังจากตัวแปรสภาวะของระบบเปลี่ยนแปลงอันเนื่องมาจากขั้นตอนการกลายพันธุ์ ได้แก่ ระดับแรงดันไฟฟ้าในแต่ละบัส, กำลังไฟฟ้าที่ไหลในระบบ, และข้อจำกัดของสมดุลพลังงานในระบบ ว่ายังคงอยู่ในเงื่อนไขที่กำหนด

ขั้นตอนที่ 10 เช็คข้อจำกัดของระบบ

ทำการเช็คข้อจำกัดของระบบอีกครั้งเพื่อตรวจสอบว่าค่าที่ได้ภายหลังจากขั้นตอนการกลายพันธุ์อยู่ในช่วงที่กำหนดหรือไม่ หากค่าเฉพาะแต่ละประชากรอยู่ในเงื่อนไขข้อจำกัดของระบบ ค่าของประชากรนั้น ๆ จะถูกนำไปพิจารณาค่าความเหมาะสม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ขั้นตอนที่ 11 คำนวณหาค่าความเหมาะสม

ทำการหาค่าความเหมาะสมสูงสุดในกลุ่มของค่าเฉพาะแต่ละประชากร ถ้าหากประชากรที่มีค่าความเหมาะสมมากกว่าก็ให้เก็บค่าของประชากรตัวนั้นไว้ เพื่อนำไปเป็นประชากรต้นกำเนิดในรุ่นถัดไป แต่ถ้าประชากรค่าใดมีค่าความเหมาะสมน้อยกว่าก็ตัดทิ้งไป

ขั้นตอนที่ 12 การแข่งขันและการเลือก

ค่าเฉพาะของประชากรแต่ละตัวในจำนวนประชากรรวมทั้งหมด จะมีการแข่งขันกับค่าเฉพาะของแต่ละประชากรตัวอื่น ๆ เพื่อทำการเปลี่ยนแปลง และถ่ายทอดไปยังรุ่นต่อไป ค่าเฉพาะแต่ละประชากรจำนวน $k$ ตัวที่มีค่าความเหมาะสมสูงสุดในรอบการแข่งขันนั้น จะยังคงอยู่และกลายไปเป็นค่าเฉพาะแต่ละประชากรต้นกำเนิดในรุ่นต่อไป ค่าน้ำหนักที่ถูกกำหนดให้กับค่าเฉพาะแต่ละประชากรตามที่แข่งขันกัน สามารถแสดงได้ดังสมการที่ (5.45) และ (5.46) คือ

$$w_i = \sum_{t=1}^{N_t} w_t \tag{5.45}$$

$$w_t = \begin{cases} 1 & if \;\; f_k > f_r \\ 0 & otherwise \end{cases} \tag{5.46}$$

เมื่อ $w_i$ คือ ค่าน้ำหนักของค่าเฉพาะแต่ละประชากรลำดับที่ $k$

$f_k$ คือ ค่าความเหมาะสมของประชากรรุ่นต้นกำเนิดลำดับที่ $k$

$f_r$ คือ ค่าความเหมาะสมของคู่แข่งลำดับที่ $r$ จากจำนวนประชากรรวมทั้งหมด

$N_t$ คือ จำนวนคู่แข่งทั้งหมด

ทำการเรียงค่าเฉพาะแต่ละประชากรที่มีค่าความเหมาะสมมากที่สุดไปยังค่าความเหมาะสมที่น้อยที่สุด จากนั้นเลือกค่าเฉพาะแต่ละประชากรที่มีค่าความเหมาะสมมากที่สุดมาครึ่งหนึ่งของทั้งหมด เพื่อกำหนดให้เป็นประชากรรุ่นต้นกำเนิดในรอบการคำนวณต่อไป

ขั้นตอนที่ 13 เช็ครอบการคำนวณ

ทำการเช็ครอบการคำนวณว่าเท่ากับรอบการคำนวณสูงสุดที่เรากำหนดไว้แล้วหรือไม่ หากยังไม่ใช่ให้ย้อนกลับไปทำในขั้นตอนที่ 7 เพื่อเข้าสู่ขั้นตอนการกลายพันธุ์ต่อไป จนกระทั่งถึงรอบการคำนวณสุดท้าย ก็จะทำการแสดงผลที่ได้ทั้งหมดของระบบ และสิ้นสุดการคำนวณ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved