บทที่ 4
วิธีการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้เจเนติกอัลกอริทึมทั้งในการหาค่าพารามิเตอร์ตามแบบจำลองไดโอดสองตัวจากกราฟลักษณะเฉพาะของเซลล์แสงอาทิตย์และออกการแบบรูปแบบขั้วเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดรอยต่อสารกึ่งตัวนำ ซึ่งเจเนติกอัลกอริทึมเป็นวิธีการที่เหมาะสมกับการค้นหาคำตอบของปัญหาที่มีความซับซ้อนและมีขอบเขตของการค้นหาที่กว้างมาก โดยหลักการคำนวณจะพิจารณาตัวแปรที่ต้องการค้นหาในรูปแบบของการเข้ารหัสที่เรียกว่าโครโมโซม และใช้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่สอดคล้องกับปัญหาในการพิจารณาหาค่าความเหมาะสมของโครโมโซมที่มีต่อปัญหา ในการคำนวณจะใช้ตัวดำเนินการทางพันธุกรรมมากระทำกลุ่มของโครโมโซมเริ่มต้นจนกระทั่งได้โครโมโซมรุ่นใหม่ที่มีค่าความเหมาะสมกับปัญหามากขึ้นและทำซ้ำจนกระทั่งได้โครโมโซมที่แทนคำตอบที่ถูกต้องหรือเหมาะสมที่สุดกับปัญหา

แบบจำลองของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้อธิบายการสูญเสียที่เกิดขึ้นจากการรวบรวมพาหะของขั้วไฟฟ้าด้านที่รับแสงของเซลล์แสงอาทิตย์ มีค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องในการอธิบายคุณสมบัติเฉพาะของเซลล์แสงอาทิตย์ คือ กระแสที่เกิดจากแสง (J_{Light}), กระแสอิ่มตัวบริเวณนอกเขตปลอดพาหะ (J_{01}), กระแสอิ่มตัวในบริเวณเขตปลอดพาหะ (J_{02}), ค่าตัวประกอบของไดโอดบริเวณนอกเขตปลอดพาหะ (n_1), ค่าตัวประกอบของไดโอดในบริเวณเขตปลอดพาหะ (n_2), ค่าสภาพต้านทานแผ่นของชั้นอิมิตเตอร์ (ρ_e), และค่าสภาพต้านทานขนาน (ρ_{sh}) ในงานวิจัยนี้จะทำการหาพารามิเตอร์เหล่านี้จะกราฟลักษณะเฉพาะของเซลล์แสงอาทิตย์ โดยการเข้ารหัสค่าตัวแปรเป็นโครโมโซมเลขฐานสองเพื่อใช้ในการค้นหาด้วยเจเนติกอัลกอริทึม และพิจารณาค่าวัตถุประสงค์จากค่าความผิดพลาดรากที่สองของค่าเฉลี่ย (Root Mean Square Error ,RMSE) ระหว่างค่ากระแสจริงที่ได้จากกราฟลักษณะเฉพาะกับค่ากระแสที่ได้จากการค้นหาด้วยจากเจเนติกอัลกอริทึม

การออกแบบรูปแบบขั้วของเซลล์แสงอาทิตย์จะพิจารณาหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของการสูญเสียจากการบังเงาของขั้วไฟฟ้ากับการสูญเสียกำลังไฟฟ้าจากความต้านทานของขั้วไฟฟ้าและการสูญเสียกำลังไฟฟ้าจากชั้นสารกึ่งตัวนำระหว่างขั้วโลหะซึ่งขึ้นอยู่กับรูปร่างของขั้วไฟฟ้า ในการออกแบบขั้วในลักษณะรูปร่างใดๆ โดยเจเนติกอัลกอริทึมจึงทำการเข้ารหัสโครโมโซมเป็นสายเลขฐานสองชนิดสองมิติเพื่อให้ได้รูปแบบขั้วในลักษณะใดๆ อย่างแท้จริง โดยใช้ค่ากระแสที่ผลิตได้จากเซลล์ที่มีรูปแบบของขั้วที่ต่างกันซึ่งคำนวณจากแบบจำลองการรวบรวม

พาหะของขั้วด้านที่รับแสงของเซลล์แสงอาทิตย์ที่สร้างขึ้นเป็นค่าวัตถุประสงค์ของการคำนวณด้วยเจเนติกอัลกอริทึม

4.1 วัสดุและอุปกรณ์

ไมโครคอมพิวเตอร์ Pentium(R) 4 CPU 2.40 GHz, RAM 256 MB และคอมไพเลอร์ภาษาซีพลัสพลัส (C++ Compiler)

4.2 การคำนวณค่าความเหมาะสม (Fitness Value) ของการออกแบบรูปแบบขั้วของเซลล์แสงอาทิตย์

ในการคำนวณค่าความเหมาะสมของรูปแบบขั้วในขั้นตอนการคำนวณโดยหลักการเจเนติกอัลกอริทึม จะคำนวณจากฟังก์ชันความเหมาะสมที่พิจารณาจากแบบจำลองของการรวบรวมพาหะของขั้วด้านที่รับแสงของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดรอยต่อสารกึ่งตัวนำซึ่งกล่าวถึงในหัวข้อ 2.4 โดยตัวแปรที่สำคัญของแบบจำลองนี้คือค่าศักย์ไฟฟ้าที่กระจาย ณ ตำแหน่งต่างๆ บนชั้นอิมิตเตอร์ ซึ่งสัมพันธ์กับค่ากระแสบนชั้นอิมิตเตอร์ ($J_e(V_e)$) และค่าสภาพต้านทานแผ่นของชั้นอิมิตเตอร์ ($\rho_{e,\square}$) ดังสมการ (95)

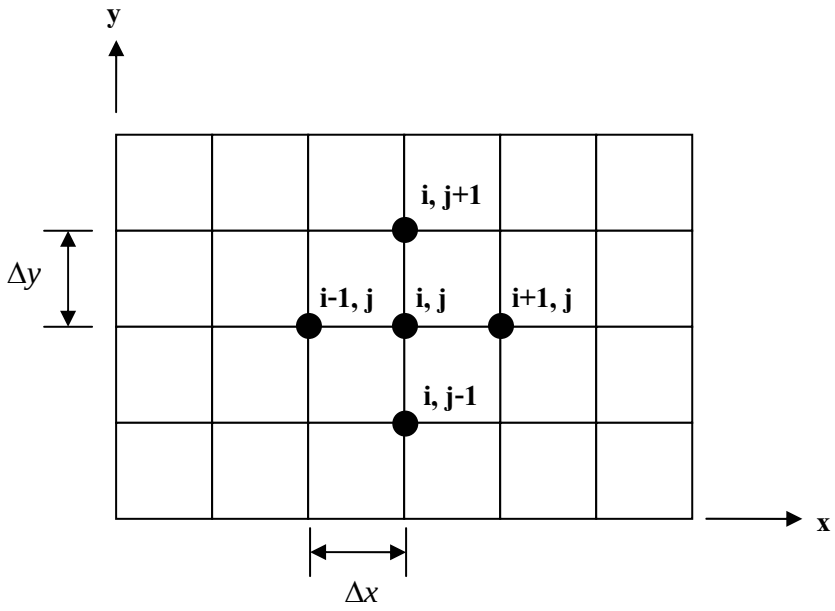
การหาผลเฉลยของศักย์ไฟฟ้าที่กระจายบนชั้นอิมิตเตอร์ในสมการ (95) จะใช้ระเบียบวิธีผลต่างสืบเนื่อง (Finite Difference Method) โดยเราจะแบ่งระนาบชั้นอิมิตเตอร์ออกเป็นช่องสี่เหลี่ยมที่มีความยาว Δx และ Δy ในทิศ x และ y ตามลำดับ ช่องสี่เหลี่ยมเหล่านี้ประกอบขึ้นเป็นตาราง ซึ่งเชื่อมกันที่จุดต่อ (Grid Point) ที่อยู่ในตำแหน่งต่างๆ กัน เช่น จุดต่อ ณ ตำแหน่ง i, j ดังแสดงในภาพประกอบ 4.1 ซึ่งบ่งบอกถึงจุดที่ i ในแกน x และที่ j ในแกน y และที่จุดนี้เองเป็นตำแหน่งที่เราจะคำนวณหาผลเฉลยโดยประมาณ ซึ่งก็คือค่าศักย์ไฟฟ้า ณ ตำแหน่งต่างๆ บนชั้นอิมิตเตอร์

หลังจากการสร้างรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของชั้นอิมิตเตอร์ดังเช่นในภาพประกอบ 4.1 ขั้นตอนต่อไปก็คือการแปลงสมการเชิงอนุพันธ์ (95) ให้อยู่ในรูปของตัวไม่รู้ค่าที่จุดต่อ ซึ่งในที่นี้คือศักย์ไฟฟ้าที่จุดต่อต่างๆ โดยค่าอนุพันธ์อันดับสองทางด้านซ้ายของสมการ (95) สามารถเขียนในรูปของศักย์ไฟฟ้าที่จุดต่อโดยใช้การประมาณจากผลต่างแบบตรงกลาง (Central Difference) (ปราโมทย์ เดชอำไพ, 2544) ดังนี้

$$\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} = \frac{V_{i+1,j} - 2V_{i,j} + V_{i-1,j}}{(\Delta x)^2} \tag{96}$$

และ

$$\frac{\partial^2 V}{\partial y^2} = \frac{V_{i,j+1} - 2V_{i,j} + V_{i,j-1}}{(\Delta y)^2} \tag{97}$$



ภาพประกอบ 4.1 แสดงการแบ่งชั้นอิมิตเตอร์ออกเป็นช่องสี่เหลี่ยมเพื่อใช้กับวิธีการผลต่าง

สืบเนื่อง

ที่มา : ปราโมทย์ เดชอำไพ, 2544

แทนสมการ (96) และ (97) ลงในสมการ (95) และหากใช้ตารางสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่มีด้านยาวด้านละ h ($\Delta x = \Delta y = h$) จะได้

$$V_{i+1,j} + V_{i-1,j} + V_{i,j+1} + V_{i,j-1} - 4V_{i,j} = -h^2 \rho_{i,j} J_{i,j}(V_{i,j}) \tag{98}$$

$$V_{i,j} = \frac{1}{4}\left(h^2 \rho_{i,j} J_{i,j}(V_{i,j}) + V_{i+1,j} + V_{i-1,j} + V_{i,j+1} + V_{i,j-1}\right) \tag{99}$$

สำหรับการหาผลเฉลยโดยประมาณของศักย์ไฟฟ้าที่จุดต่างๆ บนชั้นอิมิตเตอร์ จะใช้สมการ (99) กับทุกจุดต่อที่ต้องการหาค่าศักย์ไฟฟ้า ซึ่งเราจะได้ระบบสมการของศักย์ไฟฟ้าที่มีจำนวนเท่ากับจำนวนจุดต่อที่ต้องการหาค่าศักย์ไฟฟ้า โดยจำนวนของจุดต่อจะขึ้นอยู่กับขนาดของ

เซลล์แสงอาทิตย์ที่ต้องการพิจารณา ในการแก้ระบบสมการเพื่อหาศักย์ไฟฟ้าในแต่ละจุดจะใช้ระเบียบวิธีการทำซ้ำเกาส์-ไซเดลซึ่งเป็นระเบียบวิธีที่ลู่เข้าสู่ผลลัพธ์ที่แท้จริงได้อย่างรวดเร็ว เมื่อพิจารณาสมการ (99) แล้วพบว่ามีส่วนที่ไม่เป็นเชิงเส้น คือ พจน์ $J_{i,j}\left(V_{i,j}\right)$ ซึ่งจะใช้ระเบียบวิธีนิวตัน-ราฟสันในการแก้สมการเพื่อหาค่า $V_{i,j}$ ในแต่ละจุดต่อเพื่อใช้ในขั้นตอนการแก้ระบบสมการเพื่อหาค่าศักย์ไฟฟ้าที่กระจายบนชั้นอิมิตเตอร์โดยวิธีการทำซ้ำเกาส์-ไซเดลต่อไป

เงื่อนไขค่าขอบที่ใช้ในการหาผลเฉลยของสมการ คือ ค่าศักย์ไฟฟ้าของขั้วโลหะมีค่าคงที่ โดยจะมีค่าเท่ากับศักย์ที่ต่อกับโหลด (V_{Load})

$$V_m = V_{Load} \tag{100}$$

และกระแสจะไม่ไหลออกทางขอบของเซลล์ที่ไม่มีขั้วโลหะ

$$\frac{\partial V_e}{\partial n} = 0 \tag{101}$$

เมื่อได้ผลเฉลยจากการแก้สมการ (95) ซึ่งเป็นค่าศักย์ไฟฟ้าที่กระจายบนชั้นอิมิตเตอร์ ก็จะสามารถคำนวณค่ากระแสทั้งหมดที่เกิดจากเซลล์ (I_{out}) ได้ ซึ่งเราจะใช้เป็นค่าความเหมาะสมของรูปแบบขั้วแบบต่างๆ ในการคำนวณด้วยหลักการเจเนติกอัลกอริทึม โดยค่ากระแสทั้งหมดที่เกิดจากเซลล์และกำลังไฟฟ้ารวม (P_{out}) ของเซลล์คำนวณได้จากสมการ (102) และ (103) ตามลำดับ

$$I_{out} = \sum_{i,j} J_{i,j}(V_{i,j}).h^2 \tag{102}$$

$$P_{out} = I_{out} V_{Load} \tag{103}$$

นอกจากนี้เรายังทราบค่าการสูญเสียกำลังไฟฟ้าของเซลล์จากปัจจัยที่เกิดจากขั้วไฟฟ้าด้านที่รับแสงของเซลล์อันได้แก่ การสูญเสียกำลังไฟฟ้าจากการบังเงาของขั้ว (P_s), การสูญเสียกำลังไฟฟ้าจากศักย์ไฟฟ้าที่ตกคร่อมความต้านทานของชั้นอิมิตเตอร์ (P_e), สูญเสียกำลังไฟฟ้าจากศักย์ไฟฟ้าบนชั้นอิมิตเตอร์ที่เพิ่มขึ้น ณ จุดที่ห่างจากขั้ว ($P_{l,e}$) และการสูญเสียกำลังไฟฟ้าจากกระแสมืดในบริเวณขั้วโลหะ ($P_{l,s}$) จากกฎการอนุรักษ์พลังงานจะได้

$$P_{out} = I_{out}V_{Load} = P_x - (P_e + P_s + P_{l,e} + P_{l,s}) \quad (104)$$

โดยที่ P_x คือ กำลังไฟฟ้าของเซลล์เมื่อทุกจุดบนชั้นอิมิตเตอร์มีแสงตกกระทบ

และได้นิยามค่าประสิทธิภาพของขั้ว (Contact Efficiency) เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพที่ได้จากการออกแบบขั้วในแต่ละแบบ ดังสมการ

$$\text{Contact Efficiency} = \frac{P_{out}}{P_x} \quad (105)$$

4.3 พัฒนาโปรแกรมภาษาซีพลัสพลัสเพื่อสร้างคลาสที่ใช้ในการคำนวณโดยหลักการเจเนติกอัลกอริทึม

ทำการออกแบบคลาสที่ใช้ในการคำนวณโดยหลักการเจเนติกอัลกอริทึม โดยออกแบบให้สามารถประยุกต์ให้ได้กับปัญหาในลักษณะใดๆ และยืดหยุ่นต่อการใช้งานสามารถพัฒนาต่อไปได้โดยง่ายโดยการพัฒนาโปรแกรมในเชิงวัตถุ โดยได้สร้างคลาสขึ้นมา 2 คลาส คือ คลาส GeneticAlgorithm ซึ่งห่อหุ้มตัวดำเนินการทางพันธุกรรมต่างๆ ที่ใช้ในการคำนวณตามขั้นตอนของหลักการเจเนติกอัลกอริทึม และคลาส BinaryGenome ซึ่งจัดการในส่วนของโครโมโซมชนิดสายของเลขฐานสองทั้งหมด ในการคำนวณจะใช้คลาสทั้งสองนี้มาประกอบกันใช้ในการคำนวณ โดยรายละเอียดของวิธีการ (Method) และตัวแปร (Variable) ของคลาส และวิธีการใช้งาน แสดงไว้ในภาคผนวก ก

4.4 ประยุกต์ใช้หลักการเจเนติกอัลกอริทึมในการหาค่าพารามิเตอร์ของเซลล์แสงอาทิตย์จากกราฟลักษณะเฉพาะของเซลล์แสงอาทิตย์

ค่าพารามิเตอร์ที่จะทำการค้นหา ได้แก่ ค่าความหนาแน่นกระแสที่เกิดจากแสง (J_{Light}), ค่าความหนาแน่นกระแสอิ่มตัวบริเวณนอกเขตปลอดพาหะ (J_{01}), ความหนาแน่นกระแสอิ่มตัวในบริเวณเขตปลอดพาหะ (J_{02}), ค่าตัวประกอบของไดโอดบริเวณนอก เขตปลอดพาหะ (n_1), ค่าตัวประกอบของไดโอดในบริเวณเขตปลอดพาหะ (n_2), ค่าสภาพต้านทานแผ่นของชั้นอิมิตเตอร์ (ρ_e), และค่าสภาพต้านทานขนาน (ρ_{sh}) ในการทดลองจะสร้างกราฟลักษณะเฉพาะของเซลล์แสงอาทิตย์ขึ้นจากแบบจำลองของการรวบรวมพาหะของขั้วด้านที่รับแสงของเซลล์แสงอาทิตย์จากค่าพารามิเตอร์ที่กำหนดขึ้นที่อุณหภูมิ 304 เคลวิน คือ

$J_{Light} = 290\ \text{A/m}^2$, $J_{01} = 0.9\times10^{-7}\ \text{A/m}^2$, $J_{02} = 3.1\times10^{-3}\ \text{A/m}^2$, $\rho_e = 40\ \Omega/\square$,

$R_p = 0.21\ \Omega.m^2$, $n_1 = 1$ และ $n_2 = 2$ (Burgers, *et al.*, 1993)

การเข้ารหัสค่าพารามิเตอร์แต่ละตัวจะใช้โครโมโซมแบบสายของเลขฐานสองชนิดหนึ่งมิติ (1D Binary String) โดยที่ความยาวของโครโมโซมจะขึ้นอยู่กับความกว้างของขอบเขตของค่าพารามิเตอร์ที่ต้องการค้นหา ส่วนการคำนวณค่าวัตถุประสงค์จะคำนวณจากค่าความผิดพลาดรากที่สองของค่าเฉลี่ย (RMSE) ระหว่างค่ากระแสจากกราฟลักษณะเฉพาะของกระแสและศักย์ที่สร้างขึ้นจากค่าตัวแปรที่กำหนดขึ้นข้างต้น $\left(I\left(V_i\right)\right)$ กับค่ากระแสที่ได้จากกราฟลักษณะเฉพาะของกระแสและศักย์จากการค้นหาด้วยเจเนติกอัลกอริทึม $\left(I_{GA}\left(V_i\right)\right)$ คือ

$$RMSE=\sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\left(I\left(V_i\right)-I_{GA}\left(V_i\right)\right)^2} \tag{106}$$

โดยที่ N คือ จำนวนค่าของกระแสในกราฟลักษณะเฉพาะของเซลล์แสงอาทิตย์

การหาสภาวะที่เหมาะสมในการคำนวณด้วยเจนติกอัลกอริทึม จะทำการค้นหาค่าตัวแปร J_{Light}, J_{01}, J_{02}, ρ_e, ρ_{sh}, n_1 และ n_2 โดยใช้ค่าขอบเขตของการค้นหาเท่ากับ ±100% ของค่าตัวแปรที่กำหนดขึ้น เพื่อพิจารณาหาค่าความน่าจะเป็นในการผสมข้ามพันธุ์และค่าความน่าจะเป็นในการกลายพันธุ์ที่ให้ผลการคำนวณที่ดีที่สุด โดยจะพิจารณาค่าความน่าจะเป็นในการผสมข้ามพันธุ์เท่ากับ 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 พิจารณาค่าความน่าจะเป็นในการกลายพันธุ์เท่ากับ 0.1, 0.01 และ 0.001 ส่วนดำเนินการทางพันธุกรรมจะเลือกใช้การคัดเลือกแบบ Stochastic Universal Sampling และใช้การผสมข้ามพันธุ์ชนิดที่กำหนดจำนวนจุดให้เกิดการผสมข้ามพันธุ์ซึ่งจะพิจารณาใช้จุดในการผสมข้ามพันธุ์ 1, 2 และ 3 โดยที่ใช้จำนวนประชากรเท่ากับ 150 และใช้รุ่นในการคำนวณ 200 รุ่น

ในการทดลองค้นหาค่าพารามิเตอร์จะใช้ช่วงขอบเขต ±10 ถึง ±100 เปอร์เซ็นต์ของค่าพารามิเตอร์ที่กำหนด เพื่อศึกษาการกำหนดค่าขอบเขตของค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการคำนวณด้วยเจเนติกอัลกอริทึม โดยจะพิจารณาทั้งในกรณีที่เป็นอุดมคติคือกำหนดให้ $n_1=1$, $n_2=2$ และกรณีทั่วไปคือไม่ได้กำหนดค่า n_1, n_2 ที่แน่นอน และวิธีการใช้งานโปรแกรมฟิตกราฟเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ของเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้เจเนติกอัลกอริทึมแสดงไว้ในภาคผนวก ข

ขั้นตอนการหาค่าพารามิเตอร์ของเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยเจเนติกอัลกอริทึมแสดงดังภาพประกอบ 4.2 ซึ่งสามารถอธิบายเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

1. สร้างกราฟกระแสและศักย์ของเซลล์แสงอาทิตย์จากค่าพารามิเตอร์ที่กำหนดขึ้นข้างต้นเพื่อใช้เป็นกราฟที่จะทำการค้นหาค่าพารามิเตอร์โดยใช้หลักการเจเนติกอัลกอริทึม

2. เริ่มการคำนวณตามหลักการเจเนติกอัลกอริทึมโดยการสร้างกลุ่มโครโมโซมเลขฐานสองที่ใช้เข้ารหัสค่าพารามิเตอร์ของเซลล์แสงอาทิตย์ซึ่งเป็นกลุ่มประชากรเริ่มต้นของการคำนวณ

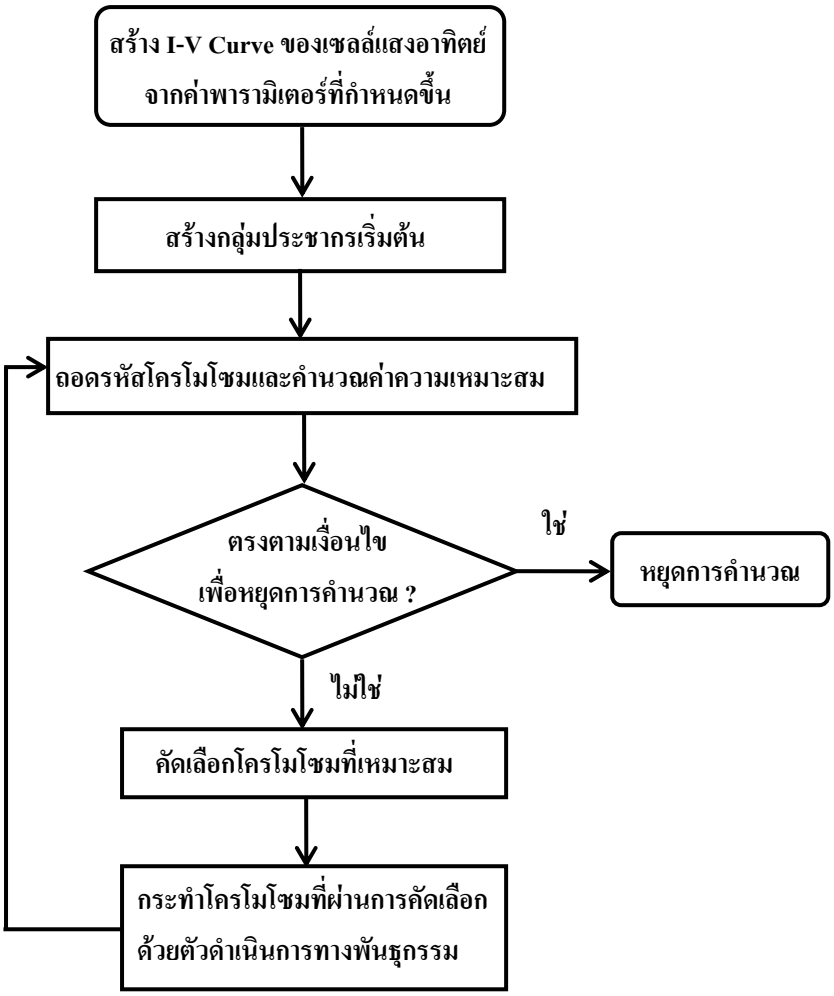
3. ทำการถอดรหัสกลุ่มของโครโมโซมเริ่มต้นแต่ละตัวเป็นค่าพารามิเตอร์ซึ่งเป็นจำนวนจริงเพื่อใช้ในการสร้างกราฟกระแสและศักย์ของเซลล์แสงอาทิตย์ และคำนวณค่าวัตถุประสงค์จากค่า RMSE ที่ได้จากการเปรียบเทียบระหว่างกราฟที่สร้างจากค่าพารามิเตอร์ที่กำหนดขึ้นกับกราฟจากค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการค้นหาด้วยเจเนติกอัลกอริทึม แล้วแสดงกราฟที่มีความใกล้เคียงที่สุดกับกราฟที่สร้างจากค่าพารามิเตอร์ที่ต้องการค้นหา

4. ตรวจสอบว่าครบตามจำนวนรอบที่ต้องการคำนวณหรือไม่ หากใช่ก็ให้หยุดการคำนวณ แต่หากไม่ใช่ให้คำนวณต่อไป

5. คัดเลือกโครโมโซมที่เหมาะสมเพื่อให้สืบทอดเป็นโครโมโซมรุ่นต่อไป

6. กระทำโครโมโซมที่ถูกคัดเลือกด้วยตัวดำเนินการทางพันธุกรรมซึ่งใช้ค่าพารามิเตอร์ตามที่กำหนดไว้ โดยโครโมโซมที่ได้จะเป็นโครโมโซมพ่อแม่ในรุ่นต่อไป

7. ทำการคำนวณตามขั้นตอนที่ 3 ถึง 6 จนครบตามจำนวนรอบของการคำนวณที่กำหนดไว้



ภาพประกอบ 4.2 แสดงแผนภูมิสายงานแสดงขั้นตอนการหาค่าพารามิเตอร์ของเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยเจเนติกอัลกอริทึม

4.5 ประยุกต์ใช้หลักการเจเนติกอัลกอริทึมในการออกแบบรูปแบบขั้วซึ่งมีรูปแบบธรรมดาทั่วไป

4.5.1 การเข้ารหัสโครโมโซมรูปแบบขั้วซึ่งมีรูปแบบธรรมดาทั่วไป

รูปแบบขั้วธรรมดาทั่วไปซึ่งได้แก่ รูปแบบขั้วชนิดก้างปลาในภาพประกอบ 1.1 และรูปแบบที่มีลักษณะเป็นกรอบที่มีขั้วบัสบาร์ที่ขอบทั้งสี่ด้านและมีขั้วบัสบาร์ย่อย (König and Ebest, 2003) ในภาพประกอบ 1.4 เป็นต้น ซึ่งในการออกแบบรูปแบบขั้วเหล่านี้จะใช้การเข้ารหัสโครโมโซมแบบสายของเลขฐานสองชนิดหนึ่งมิติ โดยในการทดลองจะทำการหาระยะระหว่างขั้วฟิงเกอร์ที่เหมาะสมที่สุดเท่านั้น เนื่องจากแบบจำลองที่ใช้ไม่พิจารณาผลของค่าความต้านทานของขั้วโลหะจึงไม่สามารถพิจารณาความกว้างของขั้วโลหะได้ ดังนั้นในการทดลองจึงใช้โครโมโซม

แบบสายของเลขฐานสองชนิดหนึ่งมิติ ที่มีความยาว 9 บิต เพื่อใช้แทนความกว้างของระยะระหว่างขั้วฟิงเกอร์ 640 ถึง 5670 ไมโครเมตร

4.5.2 เจเนติกอัลกอริทึมสำหรับการออกแบบรูปแบบขั้วซึ่งมีรูปแบบธรรมดาทั่วไป

การออกแบบเพื่อค้นหารูปแบบขั้วดีที่สุดโดยเจเนติกอัลกอริทึมจะใช้ค่ากระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์ที่มีรูปแบบของขั้วที่ต่างกันเป็นค่าวัตถุประสงค์ ซึ่งคำนวณได้จากแบบจำลองของการรวบรวมพาหะของขั้วด้านที่รับแสงของเซลล์แสงอาทิตย์ โดยใช้ค่าตัวแปรที่กำหนดขึ้นในหัวข้อ 4.4 และพิจารณาใช้ค่าศักย์ไฟฟ้าของโหลดที่ต่อกับเซลล์เท่ากับ 0.45 โวลต์ ซึ่งสมมติให้เป็นค่าศักย์ไฟฟ้าที่เซลล์ให้กำลังไฟฟ้าออกมาสูงที่สุด

เนื่องจากใช้โครโมโซมแบบสายของเลขฐานสองชนิดหนึ่งมิติที่มีความยาวเพียง 9 บิต ซึ่งมีขอบเขตในการค้นหาไม่กว้างนักจึงใช้ค่าพารามิเตอร์และตัวดำเนินการทางพันธุกรรมของเจเนติกอัลกอริทึมคงที่ตลอดการทดลองคือใช้ค่าความน่าจะเป็นในการผสมข้ามพันธุ์และค่าความน่าจะเป็นในการกลายพันธุ์เท่ากับค่าที่ได้จากการทดลองในหัวข้อ 4.4 ส่วนตัวดำเนินการทางพันธุกรรมจะเลือกใช้การคัดเลือกแบบ Stochastic Universal Sampling และการผสมข้ามพันธุ์ชนิดที่กำหนดจำนวนจุดให้เกิดการผสมข้ามพันธุ์ซึ่งจะใช้จุดในการผสมข้ามพันธุ์หนึ่งจุด โดยที่ใช้จำนวนประชากรเท่ากับ 20 และใช้รุ่นในการคำนวณ 100 รุ่น

ในการทดลองจะทำการศึกษาผลของขั้วบัสบาร์ที่มีต่อศักย์ที่กระจายระหว่างขั้วฟิงเกอร์ โดยจะพิจารณาระยะระหว่างขั้วฟิงเกอร์เท่ากับ 2 มิลลิเมตร และใช้ความยาวของขั้วฟิงเกอร์เท่ากับ 1 เซนติเมตร ส่วนในการออกแบบขั้วไฟฟ้าเพื่อหาระยะระหว่างขั้วฟิงเกอร์ที่ดีที่สุดจะทำการทดลองโดยการพิจารณาเซลล์ขนาด 10x10 เซนติเมตร ที่มีค่าความกว้างของขั้วฟิงเกอร์เท่ากับ 100, 200 และ 300 ไมโครเมตร โดยมีขั้วบัสบาร์ที่มีความกว้างเท่ากับ 3 มิลลิเมตร จำนวนสองเส้น

ขั้นตอนการออกแบบรูปแบบขั้วที่มีรูปแบบธรรมดาด้วยหลักการเจเนติกอัลกอริทึมแสดงดังแผนภูมิสายงานในภาพประกอบ 4.3 ซึ่งสามารถอธิบายเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

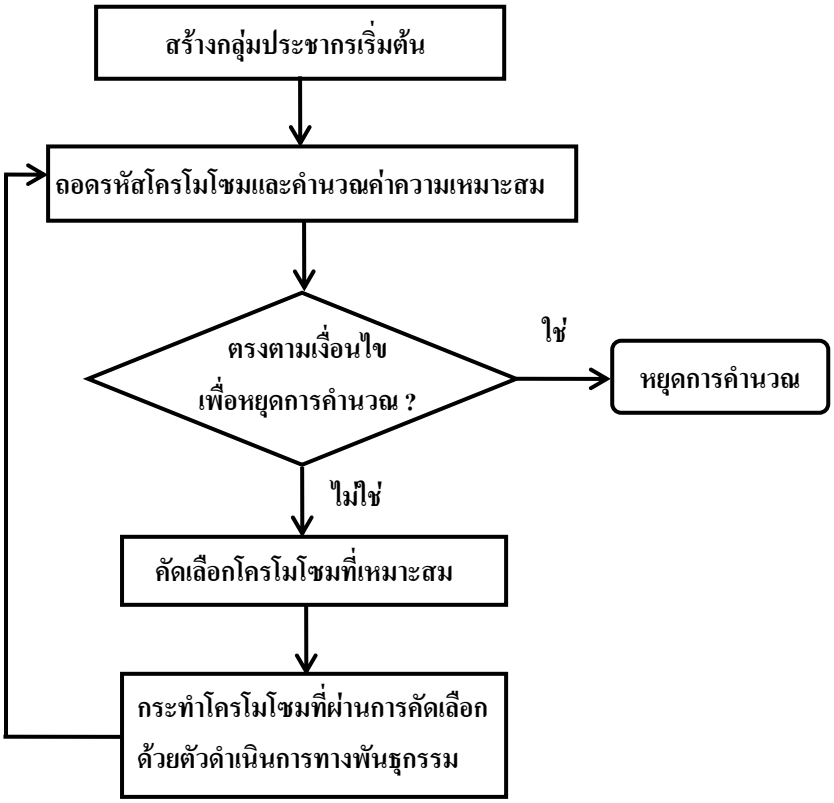
1. เริ่มการคำนวณตามหลักการเจเนติกอัลกอริทึมโดยการสร้างกลุ่มโครโมโซมเลขฐานสองที่ใช้เข้ารหัสระยะระหว่างขั้วฟิงเกอร์ ซึ่งเป็นกลุ่มประชากรเริ่มต้นของการคำนวณ
2. ทำการถอดรหัสของโครโมโซมเริ่มต้นแต่ละตัวเป็นระยะระหว่างขั้วฟิงเกอร์ เพื่อคำนวณค่าความเหมาะสมโดยพิจารณาจากการแก้สมการที่ (95) เพื่อหาศักย์ไฟฟ้าที่กระจายบนชั้นอิมิตเตอร์ ซึ่งสามารถคำนวณค่ากระแสที่เซลล์สร้างขึ้นได้จากสมการ (102) เพื่อใช้เป็นค่าความเหมาะสม

3. ตรวจสอบว่าครบตามจำนวนรอบที่ต้องการคำนวณหรือไม่ หากใช่ก็ให้หยุดการคำนวณ แต่หากไม่ใช่ให้คำนวณต่อไป

4. คัดเลือกโครโมโซมที่เหมาะสมเพื่อให้สืบทอดเป็นโครโมโซมรุ่นต่อไป

5. กระทำโครโมโซมที่ถูกคัดเลือกด้วยตัวดำเนินการทางพันธุกรรมซึ่งใช้ค่าพารามิเตอร์ตามที่กำหนดไว้ โดยโครโมโซมที่ได้จะเป็นโครโมโซมพ่อแม่ในรุ่นต่อไป

6. ทำการคำนวณตามขั้นตอนที่ 3 ถึง 6 จนครบตามจำนวนรอบของการคำนวณที่กำหนดไว้



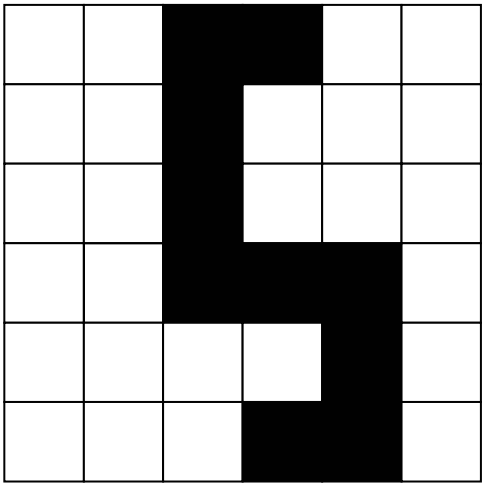
ภาพประกอบ 4.3 แสดงแผนภูมิสายงานของขั้นตอนการออกแบบรูปแบบขั้วแบบธรรมดาด้วยหลักการเจเนติกอัลกอริทึม

4.6 ประยุกต์ใช้หลักการเจเนติกอัลกอริทึมในการออกแบบรูปแบบขั้วในลักษณะใดๆ

4.6.1 การเข้ารหัสโครโมโซมรูปแบบขั้วในลักษณะใดๆ

การเข้ารหัสโครโมโซมของรูปแบบขั้วในลักษณะใดๆจะใช้การเข้ารหัสโครโมโซมแบบสายเลขฐานสองชนิดสองมิติ (2D Binary String) โดยจะให้ยีน 1 แทนพื้นที่ที่มี

โลหะปกคลุม ส่วนยีน 0 ให้แทนพื้นที่ที่ไม่มีโลหะปกคลุม ลักษณะของการเข้ารหัสโครโมโซมในกรณีนี้แสดงดังภาพประกอบ 4.4



(a) รูปแบบขั้วของเซลล์แสงอาทิตย์ที่จะถูกเข้ารหัส

0	0	1	1	0	0
0	0	1	0	0	0
0	0	1	0	0	0
0	0	1	1	1	0
0	0	0	0	1	0
0	0	0	1	1	0

(b) โครโมโซมที่ได้จากการเข้ารหัสรูปแบบขั้ว

ภาพประกอบ 4.4 แสดงรูปแบบขั้วของเซลล์แสงอาทิตย์ที่จะถูกเข้ารหัสและโครโมโซมที่ได้จากการเข้ารหัสรูปแบบขั้ว

4.6.2 เจเนติกอัลกอริทึมสำหรับการออกแบบรูปแบบขั้วในลักษณะใดๆ

ในออกแบบเพื่อค้นหาขั้วที่ดีที่สุดในลักษณะใดๆ ด้วยเจเนติกอัลกอริทึม จะใช้ค่ากระแสที่ผลิตได้จากเซลล์ที่มีรูปแบบของขั้วที่ต่างกันเป็นค่าวัตถุประสงค์ การคำนวณค่ากระแสจะคำนวณจากแบบจำลองของการรวบรวมพาหะของขั้วด้านที่รับแสงของเซลล์แสงอาทิตย์ โดยใช้ค่าตัวแปรที่กำหนดขึ้นในหัวข้อ 4.4 และกำหนดค่าศักย์ไฟฟ้าของโหลดที่ต่อกับเซลล์เท่ากับ 0.45 โวลต์ ซึ่งสมมติให้เป็นค่าศักย์ไฟฟ้าที่เซลล์ให้กำลังไฟฟ้าออกมาสูงที่สุด เพื่อหาการกระจายของศักย์ไฟฟ้าบนพื้นที่ของชั้นอิมิตเตอร์แล้วคำนวณค่ากระแสที่ผลิตได้จากเซลล์

การออกแบบรูปแบบขั้วในลักษณะใดๆ เพื่อหารูปแบบขั้วที่ดีที่สุดจะทำการทดลองโดยพิจารณากับเซลล์ขนาด 2x2 เซนติเมตร ที่มีค่าความกว้างของขั้วโลหะเท่ากับ 1 มิลลิเมตร เพื่อเปรียบเทียบกับผลของการออกแบบรูปแบบขั้วซึ่งมีรูปแบบธรรมดาทั่วไปที่มีค่าความกว้างของขั้วฟิงเกอร์และความกว้างขั้วบัสบาร์มีเท่ากับ 1 มิลลิเมตร

ในการทดลองจะพิจารณาหาเงื่อนไขที่ดีที่สุดในการคำนวณโดยพิจารณาค่าความน่าจะเป็นในการผสมข้ามพันธุ์เท่ากับ 0.4, 0.6 และ 0.8 และพิจารณาค่าความน่าจะเป็นในการกลายพันธุ์เท่ากับ 0.001, 0.01 และ 0.1 ส่วนตัวดำเนินการทางพันธุกรรมจะใช้การคัดเลือกแบบ Stochastic Universal Sampling ตลอดการทดลอง และจะพิจารณาประสิทธิภาพของการคำนวณการผสมข้ามพันธุ์ระหว่างการผสมข้ามพันธุ์ชนิดที่กำหนดจำนวนจุดให้เกิดการผสมข้ามพันธุ์ในหนึ่งมิติกับการผสมข้ามพันธุ์ที่กำหนดจำนวนจุดให้เกิดการผสมข้ามพันธุ์ในสองมิติที่มีจำนวนจุดในการผสมข้ามพันธุ์ 1, 2 และ 3 โดยจะใช้จำนวนประชากรในการคำนวณเท่ากับ 50 โดยที่วิธีการใช้งานโปรแกรมการออกแบบรูปแบบขั้วของเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้เจเนติกอัลกอริทึมแสดงไว้ในภาคผนวก ค

ขั้นตอนการออกแบบรูปแบบขั้วที่มีลักษณะใดๆ ด้วยหลักการเจเนติกอัลกอริทึมมีขั้นตอนคล้ายกับการออกแบบรูปแบบขั้วแบบธรรมดาตามแผนภูมิสายงานในภาพประกอบ 4.3 ซึ่งสามารถอธิบายเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

1. เริ่มการคำนวณตามหลักการเจเนติกอัลกอริทึมโดยการสร้างกลุ่มโครโมโซมเลขฐานสองชนิดสองมิติที่ใช้เข้ารหัสรูปแบบขั้วที่มีรูปแบบใดๆ ซึ่งเป็นกลุ่มประชากรเริ่มต้นของการคำนวณ
2. ทำการถอดรหัสของโครโมโซมเริ่มต้นแต่ละตัวเป็นรูปขั้วที่มีรูปแบบใดๆ เพื่อคำนวณค่าความเหมาะสมโดยพิจารณาจากการแก้สมการที่ (95) เพื่อหาศักย์ไฟฟ้าที่กระจายบนชั้นอิมิตเตอร์ซึ่งสามารถคำนวณค่ากระแสที่เซลล์สร้างได้จากสมการ (102) เพื่อใช้เป็นค่าความเหมาะสม แล้วแสดงรูปแบบขั้วที่ดีที่สุดที่ได้

3. ตรวจสอบว่าครบตามจำนวนรอบที่ต้องการคำนวณหรือไม่ หากใช่ก็ให้หยุดการคำนวณ แต่หากไม่ใช่ให้คำนวณต่อไป

4. คัดเลือกโครโมโซมที่เหมาะสมเพื่อให้สืบทอดเป็นโครโมโซมรุ่นต่อไป

5. กระทำโครโมโซมที่ถูกคัดเลือกด้วยตัวดำเนินการทางพันธุกรรมซึ่งใช้ค่าพารามิเตอร์ตามที่กำหนดไว้ โดยโครโมโซมที่ได้จะเป็นโครโมโซมพ่อแม่ในรุ่นต่อไป

6. ทำการคำนวณตามขั้นตอนที่ 3 ถึง 6 จนครบตามจำนวนรอบของการคำนวณที่กำหนดไว้