

อย่างน้อยที่สุด และเวลาหยุดเครื่องอย่างน้อยที่สุด ที่แตกต่างกัน และได้นำวิธีการที่ได้รับการปรับปรุงไปทดลองแก้ปัญหาที่มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังความร้อนจำนวน 10 เครื่อง และมีการเปรียบเทียบผลการทดลองกับวิธี Priority List [1]

2. ปัญหาหุนิตคอมมิตเมนต์

เป้าหมายของปัญหาหุนิตคอมมิตเมนต์ คือต้องการตัดสินใจเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในคาบเวลาที่เหมาะสมเพื่อจ่ายกำลังไฟฟ้าได้ตามความต้องการ โดยให้มีราคาต้นทุนต่ำที่สุด ซึ่งต้นทุนที่สำคัญในการเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าคือราคาเชื้อเพลิง (fuel cost) และราคาการเริ่มเดินเครื่อง (start up cost) หากพิจารณาเครื่องกำเนิดไฟฟ้า N เครื่อง ใน T คาบเวลา เราสามารถคำนวณต้นทุนทั้งหมดได้ตามสมการต่อไปนี้

$$F = \sum_{i=1}^T \sum_{j=1}^N U_{ij} F_i(P_{ij}) + U_{ij}(1 - U_{i(t-1)}) ST_i \quad (1)$$

เมื่อ $F_i(P_{ij})$ คือราคาเชื้อเพลิงของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ i ที่เวลา t

U_{ij} คือสถานะเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ถ้าเท่ากับ 1 คือเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเดินเครื่องอยู่ และถ้าเท่ากับ 0 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าหยุดเดินเครื่อง

ST_i คือราคาการเริ่มเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ i

ส่วนของราคาเชื้อเพลิงของสมการที่ (1) เป็นการแก้ปัญหาการจ่ายโหลดอย่างประหยัด (economic dispatch) กล่าวคือ นำเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทุกเครื่องที่เปิดอยู่ ($U_{ij} = 1$) ไปคำนวณการจ่ายโหลดอย่างประหยัด สำหรับวิธีการแก้ปัญหาการจ่ายโหลดอย่างประหยัดนั้นมีอยู่หลายวิธีตัวอย่างเช่น วิธี Lambda iteration [1] หรือวิธีเจเนติก [13,14] และสำหรับเทอมที่สองในสมการที่ (1) เป็นราคาการเริ่มเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งราคาการเริ่มเดิน

เครื่องจะมีขึ้นเมื่อ $U_{it} = 1$ และ $U_{i(t-1)} = 0$

สำหรับฟังก์ชันราคาเชื้อเพลิงที่มีผลต่อต้นทุนการผลิตพลังงานไฟฟ้านั้นมีรายละเอียดตามสมการที่(2)

$$F_i(P_{it}) = a_i + b_i P_{it} + c_i P_{it}^2 \quad (2)$$

เมื่อ P_{it} คือกำลังไฟฟ้าที่ผลิตจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ i ที่เวลา t

a_i , b_i และ c_i คือค่าคงที่ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ i

ในส่วนของราคาการเริ่มเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจากสมการที่ (1) ที่มีผลต่อต้นทุนการผลิตพลังงานไฟฟ้านั้นมีรายละเอียดตามสมการที่ (3) [1]

$$ST_i = d_{1i} (1 - \exp(-k/d_{3i})) + d_{2i} \quad (3)$$

เมื่อ k คือจำนวนชั่วโมงที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าหยุดเดินเครื่องก่อนที่จะเริ่มเดิน

d_{1i} , d_{2i} และ d_{3i} คือค่าคงที่ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ i

นอกจากนี้ราคาการเริ่มเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอาจพิจารณาจากราคาการเริ่มเดินเครื่องเย็น (cold start cost) และการเริ่มเดินเครื่องร้อน (hot start cost) โดยจะใช้ราคาเริ่มเดินเครื่องเย็นเมื่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหยุดเดินเครื่องเป็นเวลานานกว่าค่าเวลาเริ่มเดินเครื่องเย็น แต่ถ้าหยุดเดินเครื่องเป็นเวลาน้อยกว่าหรือเท่ากับค่าเวลาเริ่มเดินเครื่องเย็นก็จะใช้ราคาเริ่มเดินเครื่องร้อนตามสมการที่ (4)

$$ST_i = \begin{cases} \beta & \text{ถ้า } k \leq T_c \\ \alpha & \text{กรณีอื่นๆ} \end{cases} \quad (4)$$

เมื่อ T_c คือค่าเวลาเริ่มเดินเครื่องเย็น

β คือราคาการเริ่มเดินเครื่องร้อน

α คือราคาการเริ่มเดินเครื่องเย็น

เนื่องจากปัญหายุทธศาสตร์คอมมิวนิตเมนต์เป็นปัญหาที่ซับซ้อน ทั้งนี้เนื่องจากมีเงื่อนไขบังคับจำนวนมาก ทั้งเงื่อนไขของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และเงื่อนไขจากระบบไฟฟ้ากำลังซึ่งสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

ก) ความสมดุลกำลังไฟฟ้า (Power balance) ความต้องการกำลังไฟฟ้าของระบบในแต่ละชั่วโมง และผลรวมกำลังผลิตของแต่ละเครื่องกำเนิดไฟฟ้าต้องมีความสมดุล เพื่อให้ผู้ใช้กระแสไฟฟ้ามีกระแสไฟฟ้าที่เพียงพอกล่าวคือกำลังไฟฟ้าที่ผลิตจะต้องเป็นไปตามสมการที่ (5)

$$\sum_{i=1}^T \sum_{j=1}^N U_{ij} P_{ij} = D_t \quad (5)$$

เมื่อ D_t คือความต้องการกำลังไฟฟ้าที่เวลา t

ข) กำลังผลิตไฟฟ้าสำรอง (Spining reserve) กำลังผลิตสำรองเป็นการอธิบายถึงความสามารถของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ขนานกันอยู่ในระบบไฟฟ้ากำลังเพื่อจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับระบบของเครื่องที่เดินอยู่ว่าจะสามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าที่ต้องการสำรองไว้ โดยปกติการผลิตกำลังสำรองแบบหนึ่งที่นิยมใช้ในการคำนวณดังใน Wood [1] คือคำนวณโดยประมาณจากเปอร์เซ็นต์ของความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดในเวลานั้น

$$\sum_{i=1}^T \sum_{j=1}^N U_{ij} P_{i,max} \geq R_t + D_t \quad (6)$$

เมื่อ R_t คือความต้องการกำลังไฟฟ้าที่ต้องการสำรองที่เวลา t

$P_{i,max}$ คือกำลังผลิตสูงสุดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ i

ค) ขีดจำกัดกำลังผลิต (Generating capacity) เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังความร้อนแต่ละเครื่องมีขีดจำกัดกำลังผลิตที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งปกติแล้วขีดจำกัดกำลังผลิตเป็นตามสมการที่ (7)

$$P_{i,min} \leq P_{it} \leq P_{i,max} \text{ เมื่อ } t \text{ เท่ากับ } 1 \text{ ถึง } T \quad (7)$$

เมื่อ $P_{i,min}$ คือกำลังผลิตไฟฟ้าต่ำสุดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ i

ง) เวลาเดินเครื่องอย่างน้อยที่สุด (minimum up time) เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละเครื่องอาจมีเวลาเดินเครื่องอย่างน้อยที่สุดแตกต่างกันออกไป กล่าวคือเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่เดินเครื่องอยู่นั้นไม่สามารถที่จะหยุดเดินเครื่องอย่างทันทีทันใดได้ ต้องอาศัยเวลาอยู่ระยะหนึ่ง ปกติแล้วมีหน่วยเป็นชั่วโมง

จ) เวลาหยุดเครื่องอย่างน้อยที่สุด (minimum down time) มีลักษณะคล้ายกับเวลาเดินเครื่องอย่างน้อยที่สุด เพียงแต่แตกต่างที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละตัวอาจมีช่วงเวลาหยุดเครื่องอย่างน้อยที่สุดแตกต่างกัน กล่าวคือเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละเครื่องที่หยุดเดินเครื่องอย่างไม่สามารถที่จะเดินเครื่องอย่างทันทีทันใดได้ต้องมีเวลาอย่างน้อยอยู่ช่วงหนึ่งที่จะให้เครื่องหยุดรอเพื่อเริ่มเดินเครื่องใหม่

3. การนำวิธีเจเนติกมาแก้ปัญหายุทธศาสตร์คอมมิวนิตเมนต์

วิธีเจเนติกเป็นวิธีการจำลองเชิงพันธุกรรมเพื่อแก้ปัญหาการหาค่าที่เหมาะสม โดยอาศัยหลักการที่ว่าโครโมโซม (chromosome) ที่มีความสมบูรณ์จะมีโอกาสอยู่รอดมากที่สุดตามทฤษฎี Darwinian [11] สำหรับวิธีเจเนติกเริ่มต้นโดยการสร้างชุดประชากร (ชุดโครโมโซม) ซึ่งประกอบไปด้วยโครโมโซมหลายๆ โครโมโซม จากนั้นจะมีขั้นตอนในการถ่ายทอดสู่ชุดโครโมโซมใหม่ โดยผ่านขั้นตอนอยู่ 3 ขั้นตอน คือการถ่ายทอด (reproduction) การกระโดดข้าม (crossover) และการเปลี่ยนแปลง (mutation) ซึ่งหากจำนวนชุดโครโมโซมมีขนาดที่ใหญ่พอ และมีการสร้างชุดโครโมโซมจำนวนหลายๆ ชุด โครโมโซมที่อยู่รอดจะมีค่าที่ดีในชุดโครโมโซมชุดสุดท้าย

ลำดับขั้นการนำวิธีเจเนติกเพื่อแก้ปัญหาชนิด-คอมมิตเมนต์ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 ทำการผลิตชุดโครโมโซมเริ่มต้น โดยแต่ละโครโมโซมมีจำนวนบิตเท่ากับ จำนวนชั่วโมงของคาบเวลา (T) คูณกับจำนวนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (N) ซึ่งจำนวนโครโมโซมในชุดโครโมโซมควรมีจำนวนมากขึ้นตามความซับซ้อนของปัญหา การให้ค่าไบนารีของโครโมโซมเป็น 1 หมายถึงเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเดินเครื่องอยู่และเป็น 0 หมายถึงเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหยุดเดินเครื่อง รูปที่ 1 แสดงลักษณะการเก็บข้อมูลของโครโมโซม ซึ่งค่าไบนารีของโครโมโซมเริ่มต้นสำหรับปัญหาชนิดคอมมิตเมนต์แต่ละตัวจะได้มาจากการสุ่ม

ขั้นตอนที่ 1.1 นำชุดโครโมโซมไปหาค่าความสมบูรณ์ (fitness) จากฟังก์ชันเป้าหมาย ซึ่งค่าฟังก์ชันเป้าหมายที่มีค่าต่ำสุดคือโครโมโซมที่มีความสมบูรณ์สูงสุดในกรณีปัญหาชนิดคอมมิตเมนต์ฟังก์ชันเป้าหมายจะถูกกำหนดดังสมการที่ (8)

$$F = \sum_{i=1}^T \sum_{j=1}^N U_{ij} F_i(P_{ij}) + U_{ij}(1-U_{ij(r-1)})ST_i + p_1 + p_2 + p_3 \quad (8)$$

ทั้งนี้เนื่องจากวิธีเจเนติกเป็นวิธีการหาค่าสูงสุดที่เหมาะสม ดังนั้นการนำมาแก้ปัญหาชนิดคอมมิตเมนต์จึงต้องให้ฟังก์ชันเป้าหมายที่มีค่าเป็นส่วนกลับ (negative) ของสมการต้นทุน (สมการที่ (1)) ฟังก์ชันเป้าหมายจะมีเทอมที่แตกต่างจากสมการต้นทุนคือ p_1 , p_2 และ p_3 ซึ่งเป็นค่าการปรับโทษ (penalty) ซึ่งเป็นค่าจำนวนเต็มบวกที่มีค่าสูงมากเมื่อเทียบกับราคาค่าเชื้อเพลิง โดยที่ p_1 คือค่าการปรับโทษเมื่อมีการรบกวนเงื่อนไขเวลาเดิน-หยุดเครื่องอย่างน้อยที่สุด p_2 คือค่าการปรับโทษเมื่อมีการรบกวนเงื่อนไขขีดจำกัดกำลังผลิตต่ำสุด และสูงสุด และ p_3 คือค่าการปรับโทษเมื่อเงื่อนไขกำลังผลิตสำรองของระบบไม่เป็นตามสมการที่ (6) ในขั้นตอนนี้จะมีการปรับค่าความสมบูรณ์ (fitness scaling) [11]

ของโครโมโซมรวมอยู่ด้วย เนื่องจากวิธีเจเนติกจะมีโครโมโซมที่ผิดปกติดังมากจากโครโมโซมอื่นอยู่บ้าง ซึ่งการปรับค่าความสมบูรณ์ของโครโมโซมจะขึ้นอยู่กับค่าเฉลี่ยของชุดโครโมโซม โดยในวิธีการปรับนี้จะให้ความสำคัญกับค่าเฉลี่ย กล่าวคือโครโมโซมที่มีค่าฟังก์ชันเป้าหมายใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยจึงจะมีความเป็นไปได้ที่จะเข้าใกล้ค่าที่เหมาะสม

ขั้นตอนที่ 2 เข้าสู่รอบการสร้างชุดโครโมโซมใหม่ในขั้นตอนนี้มีอยู่ 3 ขั้นตอน คือขั้นตอนการถ่ายทอด การกระโดดข้าม และขั้นตอนการเปลี่ยนแปลง

ขั้นตอนที่ 2.1 ขั้นตอนการถ่ายทอด จะเป็นการนำชุดโครโมโซมชุดเดิมสู่การคัดเลือกโครโมโซมเพื่อถ่ายทอดโครโมโซมที่ดีไปสู่รอบการสร้างชุดโครโมโซมใหม่ถัดไป การคัดเลือกโครโมโซมจะขึ้นอยู่กับค่าฟังก์ชันเป้าหมายของโครโมโซม กล่าวคือโครโมโซมที่มีค่าฟังก์ชันเป้าหมายสูงจะมีโอกาสถูกเลือกมากกว่าโครโมโซมที่มีค่าฟังก์ชันเป้าหมายต่ำ

ขั้นตอนที่ 2.2 ขั้นตอนนี้เป็นกระบวนการผสมระหว่างโครโมโซมที่มีค่าฟังก์ชันเป้าหมายสูง โดยเรียกขั้นตอนนี้ว่าการกระโดดข้าม ปกติการกระโดดข้ามจะไม่ทำการกระโดดข้ามโครโมโซมทุกตัวแต่อาศัยความเป็นไปได้ที่จะกระโดดข้าม กล่าวคือคู่โครโมโซมที่เลือกมานั้นถ้าสุ่มจำนวนจริงมาแล้วมีค่าน้อยกว่า หรือเท่ากับ 0.6-0.95 [3] จึงจะทำการกระโดดข้าม ซึ่งการกระโดดข้ามเป็นการกระโดดข้ามระหว่างโครโมโซม ดังนั้นเมื่อผ่านการกระโดดข้าม ทำให้ได้โครโมโซมออกมาใหม่ 1 คู่ การกระโดดข้ามมีอยู่หลายวิธีในที่นี้ได้ใช้วิธีการกระโดดข้ามแบบ 2 จุด และการกระโดดข้าม 1 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยโอกาสการเลือกวิธีใดวิธีหนึ่งระหว่างสองวิธีมีความเป็นไปได้ 0.5

การกระโดดข้ามแบบ 2 จุดทำได้โดยเลือกจุดในการกระโดดข้ามมา 2 จุดแบบสุ่ม แล้วจึงทำการกระโดดข้ามระหว่างคู่โครโมโซมที่เลือกมา ตัวอย่างวิธีการกระโดดข้ามแบบ 2 จุดแสดงดังรูปที่ 2

สำหรับวิธีการกระโดดข้ามแบบ 1 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า กระทำได้โดยการสุ่มเลือกเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งเครื่องกำเนิดทุกเครื่องมีโอกาสถูกเลือกเท่ากัน เมื่อได้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่จะทำการกระโดดข้ามแล้ว จะทำการกระโดดข้ามระหว่างคู่โครโมโซม ทำให้ได้คู่โครโมโซมใหม่ที่มีการสลับค่าโครโมโซมเฉพาะเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่เลือกมา การกระโดดข้ามแบบ 1 เครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีส่วนดีคือเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ทำการกระโดดข้ามนั้นเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องเดียวกัน ดังนั้นเมื่อกระโดดข้ามไปแล้วจะลดปัญหาการรบกวนต่อเนื่องในเวลาเดิน-หยุดเครื่องอย่างน้อยที่สุดได้ ตัวอย่างวิธีการกระโดดข้ามแบบ 1 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสามารถแสดงดังรูปที่ 3

ขั้นตอนที่ 2.3 ขั้นตอนนี้เป็นการสร้างข้อมูลใหม่ให้แก่ชุดโครโมโซมโดยการสลับค่าของโครโมโซม ดังนั้นจึงเรียกขั้นตอนนี้ว่าการเปลี่ยนแปลง การที่โครโมโซมจะถูกเปลี่ยนแปลงนั้นอาศัยความเป็นไปได้ที่น้อยมากปกติอยู่ในช่วง 0.001-0.01 [3] ในงานวิจัยนี้ได้ออกแบบให้โครโมโซมที่จะผ่านขั้นตอนนี้มีเพียงเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเดียวที่อาจจะถูกเปลี่ยนแปลง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับว่าตัวเลขที่สุ่มมาน้อยกว่าค่าความเป็นไปได้หรือเปล่า สาเหตุที่ออกแบบลักษณะนี้เพราะว่าไม่ต้องการให้มีการเปลี่ยนแปลงมากนักซึ่งจะทำให้มีการรบกวนต่อเนื่องในเวลาเดิน-หยุดเครื่องอย่างน้อยที่สุด ตัวอย่างลักษณะของการเปลี่ยนแปลงนี้แสดงในรูปที่ 4

ขั้นตอนที่ 2.4 นำชุดโครโมโซมที่ผ่านขั้นตอนทั้ง 3 ขั้นตอนมาหาค่าฟังก์ชันเป้าหมายดังขั้นตอนที่ 1.1 เพื่อส่งเป็นข้อมูลให้กับรอบการสร้างชุดโครโมโซมใหม่ต่อไป

ขั้นตอนที่ 3 ทำซ้ำขั้นตอนที่ 2 ทั้ง 4 ขั้นตอนจนกระทั่งครบตามจำนวนรอบการสร้างชุดโครโมโซมใหม่ตามที่ต้องการ

ขั้นตอนที่ 4 เมื่อผ่านขั้นตอนที่ 3 แล้วทำการเลือกโครโมโซมที่มีค่าฟังก์ชันเป้าหมายสูงสุดเป็น

คำตอบ โดยคำตอบก็คือโครโมโซมซึ่งแสดงการเดิน-หยุดเครื่องที่ต้นทุนการผลิตกำลังไฟฟ้าต่ำสุด และค่าฟังก์ชันเป้าหมายคือราคาค่าต้นทุนการผลิตพลังงานไฟฟ้าตลอดคาบที่พิจารณาของโครโมโซมคำตอบนั้น

3.1 ตัวกระทำเพิ่มเติมภายในขั้นตอนวิธีเจนนิติก

ตัวกระทำเพิ่มเติมที่มีเพิ่มขึ้นจะเพิ่มขึ้นมาเมื่อชุดโครโมโซมผ่านขั้นตอนการเปลี่ยนแปลงแล้ว สาเหตุที่เพิ่มเพื่อหาความถูกต้องของการทดสอบมากขึ้นนั้นมีอยู่ 2 กระบวนการ คือ การสลับค่าระหว่างเครื่องกำเนิดในโครโมโซมเดียวกันแบบ window-swapping และการเปลี่ยนแปลงค่าโครโมโซมแบบ hill-climbing ดังใน [3] แต่ในบทความนี้ได้ออกแบบเพิ่มเติมดังรายละเอียดต่อไปนี้

3.1.1 การสลับค่าระหว่างเครื่องกำเนิดในโครโมโซมเดียวกันแบบ window swapping การสลับค่าแบบนี้จะกระทำกับทุกโครโมโซมโดยอาศัยค่าความเป็นไปได้ที่เหมาะสม สาเหตุที่ต้องมีขั้นตอนนี้เพิ่มขึ้นมาก็เนื่องมาจากโครโมโซมบางโครโมโซมนั้นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอาจอยู่ในสถานะที่ไม่ดีพอ ดังนั้นขั้นตอนนี้ช่วยให้เกิดความหลากหลายของโครโมโซมมากขึ้น ซึ่งกระทำได้โดยเลือกเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบสุ่มมา 1 คู่ ลักษณะการสลับค่าระหว่างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบนี้ได้แบ่งเป็น 2 วิธี และระหว่าง 2 วิธีนี้อาศัยความเป็นไปได้ 0.5 ระหว่างการกระทำกระบวนการ 2 วิธีนี้ วิธีแรกทำได้โดยหาดำแหน่ง 2 ตำแหน่งแบบสุ่มซึ่งตำแหน่งแรกมีค่าอยู่ระหว่าง 1 ถึง T และตำแหน่งที่ 2 มีค่าอยู่ระหว่างตำแหน่งแรก ถึง T ดังแสดงในรูปที่ 5 (ก)

ในรูปที่ 5 (ก) แสดงโครโมโซมก่อนการสลับค่าระหว่างเครื่องกำเนิดแบบ window swapping โดยที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าตัวที่ 1 และ 3 ถูกเลือกมาเพื่อสลับค่า และตำแหน่งที่ 2 ถึง 6 คือบริเวณที่จะสลับค่า

(ส่วนที่แรง) เมื่อโครโมโซมผ่านการสลับค่าโครโมโซมแสดงดังรูปที่ 5 (ข)

สำหรับวิธีที่ 2 ของการสลับค่าแบบ window swapping คือทำการสลับค่าทั้งหมดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าภายในโครโมโซม ตัวอย่างเช่น ในรูปที่ 5 (ข) นั้นถ้าหากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่เลือกมาคือเครื่องที่ 1 และ 3 ดังนั้นเมื่อผ่านการสลับค่าแล้วค่าของโครโมโซมบริเวณเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ 1 จะถูกแทนที่ด้วย เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ 3 และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ 3 จะถูกแทนที่ด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ 1

3.1.2 การเปลี่ยนแปลงค่าโครโมโซมแบบ hill-climbing วิธีการเปลี่ยนแปลงค่าแบบนี้กระทำกับโครโมโซมที่มีค่าฟังก์ชันเป้าหมายต่ำสุดเพียง 10 เปอร์เซ็นต์แรกของโครโมโซมทั้งหมด ซึ่งอาศัยค่าความเป็นไปได้ที่เหมาะสม สาเหตุที่เพิ่มตัวกระทำตัวนี้ขึ้นมาเพื่อต้องการปรับปรุงโครโมโซมให้มีค่าดีขึ้น ตัวกระทำนี้จะทำการเปลี่ยนแปลงโครโมโซมที่มีการให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเดิน-หยุดเดินเครื่องติดต่อกัน ซึ่งในความเป็นจริงมีโอกาสเป็นไปได้น้อย ต่อจากนั้นนำโครโมโซมที่ได้มาใหม่จากการกระทำ hill-climbing ไปหาค่าฟังก์ชันเป้าหมาย ถ้าหากว่ามีค่าราคาสูงกว่าโครโมโซมตัวที่ก่อนการกระทำ hill-climbing ก็จะไม่รับโครโมโซมตัวใหม่เป็นสมาชิกของชุดโครโมโซมนี้ กล่าวคือยังใช้โครโมโซมตัวเก่าอยู่

4. ผลการทดลอง

เพื่อเป็นการทดสอบการแก้ปัญหาชนิดคอมมิทเมนต์ คณะผู้วิจัยทดลองแก้ปัญหากับกรณีศึกษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังความร้อนจำนวน 10 เครื่องดังมีรายละเอียดตามตารางที่ 1

ส่วนของสถานะเริ่มต้นนั้นเป็นข้อมูลที่ได้จากคาบเวลาก่อนที่จะนำปัญหามาพิจารณา ถ้าเป็นค่าบวกหมายถึงจำนวนชั่วโมงที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเดินเครื่องก่อนที่จะพิจารณา และถ้าเป็นค่าลบหมายถึงจำนวน

ชั่วโมงที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าหยุดเดินเครื่องก่อนที่จะพิจารณา

สำหรับค่าเริ่มต้นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะใช้ราคาเริ่มต้นเครื่องร้อน เมื่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้หยุดเดินเครื่องเป็นเวลาน้อยกว่า หรือเท่ากับเวลาเริ่มต้นเครื่องเย็น และถ้าหยุดเดินเครื่องเป็นเวลามากกว่าเวลาเริ่มต้นเครื่องเย็นต้องใช้ราคาเริ่มต้นเครื่องเย็น

ความต้องการกำลังไฟฟ้าที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้า 10 เครื่องต้องจ่ายให้ในแต่ละวันเป็นดังตารางที่ 2

จากกรณีศึกษาข้างบนนั้นคณะผู้วิจัยได้ทดสอบการแก้ปัญหาเป็นจำนวนหลายครั้งทำให้ได้ค่าต่าง ๆ ในวิธีเจเนติกที่เหมาะสมดังต่อไปนี้ จำนวนรอบการสร้างโครโมโซมใหม่ 500 รอบ จำนวนโครโมโซม 150 โครโมโซม ค่าความเป็นไปได้ที่จะกระโดดข้าม 0.9 และค่าความเป็นไปได้ที่จะเปลี่ยนแปลง 0.01 สำหรับค่าความเป็นไปได้ที่จะ window swapping มีค่าเท่ากับ 0.01 ส่วนค่าความเป็นไปได้ที่จะ hill-climbing เท่ากับ 0.3 ส่วนการแก้ปัญหา Economic Dispatch นั้น คณะผู้วิจัยได้เลือกใช้วิธี Lambda Iteration ผลการทดสอบปรากฏว่าได้คำตอบที่ดี กล่าวคือเมื่อใช้วิธี Priority List ได้คำตอบเป็น 567155 หน่วยราคา/24 ชั่วโมง และถ้าแก้ปัญหาโดยใช้วิธี Lagrangian Relaxation ได้คำตอบเท่ากับ 565825 หน่วยราคา/24 ชั่วโมง [3] ส่วนในวิธีเจเนติกที่นำเสนอได้ค่าเป็น 565828 หน่วยราคา/24 ชั่วโมง และเวลาที่ใช้ในการหาค่าเท่ากับ 1764 วินาที ซึ่งถ้าหากมีการนำวิธี Priority List มาร่วมกับวิธีเจเนติก โดยใช้คำตอบจากวิธี Priority List มาเป็นโครโมโซมเริ่มต้นให้กับวิธีเจเนติกจะทำให้ได้คำตอบที่ดีมากขึ้น และจำนวนรอบการสร้างโครโมโซมใหม่น้อยลงด้วย กล่าวคือได้คำตอบมาเป็น 565828 หน่วยราคา/24 ชั่วโมง และจำนวนรอบการสร้างโครโมโซมใหม่ก็ใช้เพียง 150 รอบ ซึ่งจำนวนรอบที่ลดลงนี้ส่งผลให้เวลาในการหาค่านั้นลดลงด้วยคือเท่ากับ 822 วินาที

ถ้าหากเป็นการแก้ปัญหาชนิดคอมมิตเมนต์ขนาดใหญ่ แล้วการใช้วิธีทั้งสองดังกล่าวร่วมกันก็จะส่งผลดีต่อเวลาในการหาคำด้วย สำหรับตารางการเดิน-หยุดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้ง 10 เครื่องที่ให้คำตอบ 565828 หน่วยราคา/24 ชั่วโมงนั้น แสดงดังรูปที่ 6

นอกจากนี้คณะผู้วิจัยยังได้ทำการทดสอบกับปัญหาที่มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังความร้อนจำนวน 26 และ 100 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า [15] ซึ่งผลการทดลองได้ให้คำตอบที่ดี

5. สรุป

บทความนี้ได้นำเสนอวิธีเจเนติกเพื่อใช้แก้ปัญหาชนิดคอมมิตเมนต์ วิธีเจเนติกที่นำเสนอได้นี้ได้มีการปรับปรุงภายในขั้นตอนกระโดดข้าม และขั้นตอนการเปลี่ยนแปลง นอกจากนี้ได้เพิ่มขั้นตอนการสลบค่าภายในโครโมโซม โดยการสลบค่าภายในโครโมโซมนั้นมีทั้งสลบระหว่างช่วงเวลา และตลอดช่วงเวลา ที่พิจารณาทั้งนี้เพื่อให้เกิดความหลากหลายของโครโมโซม จากผลการทดสอบโดยใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังความร้อนจำนวน 10 เครื่องพบว่ามีการให้คำตอบที่ดีเมื่อเปรียบเทียบกับวิธี Priority List และนอกจากนี้หากทำการนำวิธี Priority List มาร่วมเป็นโครโมโซม เริ่มต้นให้กับวิธีเจเนติกพบว่าการให้เข้าสู่คำตอบที่ดีมากยิ่งขึ้นอีก และจำนวนรอบการสร้างชุดโครโมโซมใหม่ก็น้อยลงด้วย ทำให้เวลาที่ใช้นั้นก็น้อยลงด้วย สำหรับคำตอบเมื่อเปรียบเทียบกับวิธี Lagrangian Relaxation พบว่ามีค่าที่ใกล้เคียงกัน แต่อย่างไรก็ตามวิธีเจเนติกสามารถนำมาใช้แก้ปัญหาได้ง่ายกว่า และกรณีที่มีการพิจารณาเงื่อนไขเพิ่มเติมวิธีเจเนติกก็สามารถเพิ่มเติมเข้าไปได้ง่าย ซึ่งแตกต่างจากวิธี Lagrangian Relaxation ที่ต้องกำหนดสมการขึ้นมาใหม่จึงจะแก้ปัญหาได้

สำหรับแนวทางการแก้ปัญหาชนิดคอมมิตเมนต์ โดยใช้วิธีเจเนติกนั้นมีแนวทางที่จะปรับปรุงได้ โดย

การปรับปรุงนั้นอาจมีการใช้ตัวประมวลผลหลายตัว การปรับปรุงในขั้นตอนต่าง ๆ เพื่อความสอดคล้องกับการแก้ปัญหา และอาจมีการนำวิธีอื่นมาร่วมแก้ปัญหาด้วย อาทิเช่น วิธี Simulated Annealing เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อให้การเข้าสู่คำตอบได้ดียิ่งขึ้น และใช้เวลาหาค่าที่น้อยลง

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ Dr. U.D. Annakkage แห่งมหาวิทยาลัย University of Auckland ประเทศนิวซีแลนด์ ที่ได้ให้คำปรึกษา และแนวคิดในการแก้ปัญหาและขอขอบคุณมหาวิทยาลัยขอนแก่นที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยนี้

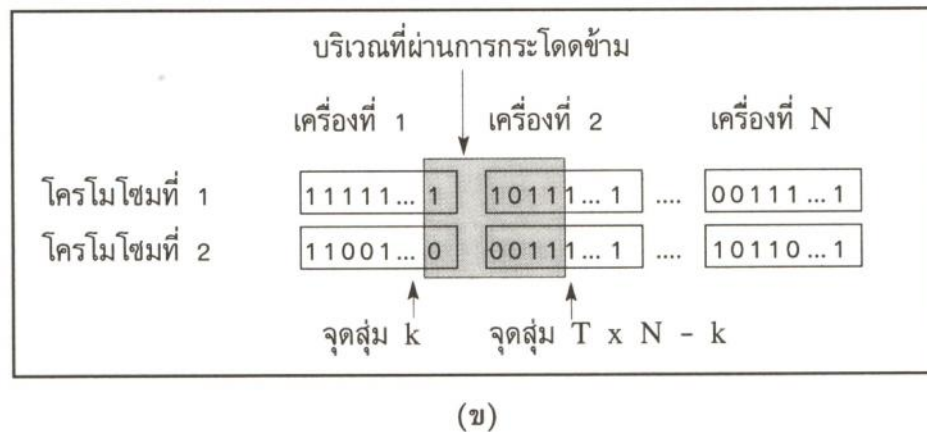
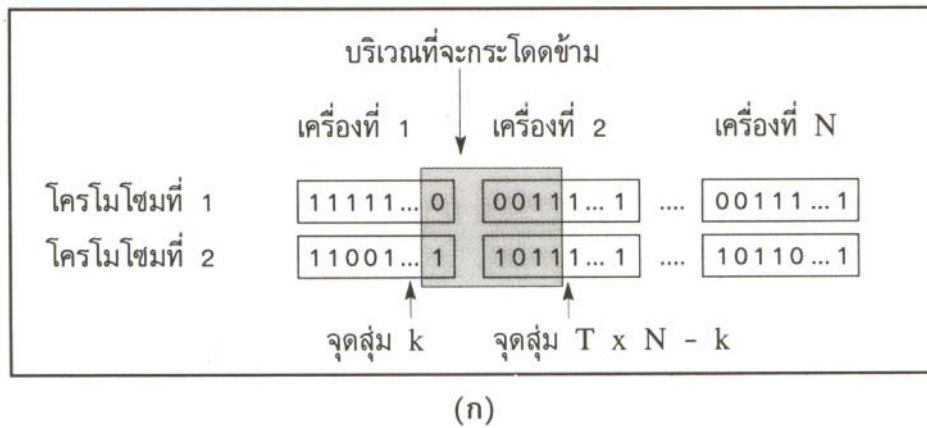
เอกสารอ้างอิง

- [1] A.J. Wood, B.F. Wollenberg, *Power generation operation, and control*, John Wiley and Sons, New York, 1984.
- [2] G.B. Sheble, G.N. Fahd, "Unit commitment literature synopsis", *IEEE Trans. on Power Systems*, Vol. 9, No. 1, pp. 128-135, February 1994.
- [3] S.A. Kazarlis, A.G. Bakirtzis and V. Petridis, "A genetic algorithm solution to the unit commitment problem", *IEEE Trans. on Power Systems*, Vol. 11, No. 1, pp. 83-92, February 1996.
- [4] F. Zhuang, F.D. Galiana, "Unit commitment by simulated annealing", *IEEE Trans. on Power System*, Vol. 5, No. 1, pp. 311-318, February 1990.
- [5] S. Kirkpatrick, C.D. Gelatt, Jr. and M. P. Vecchi, "Optimization by simulated annealing", *Science*, Vol. 220, No. 4598, pp. 671-680, 1983.

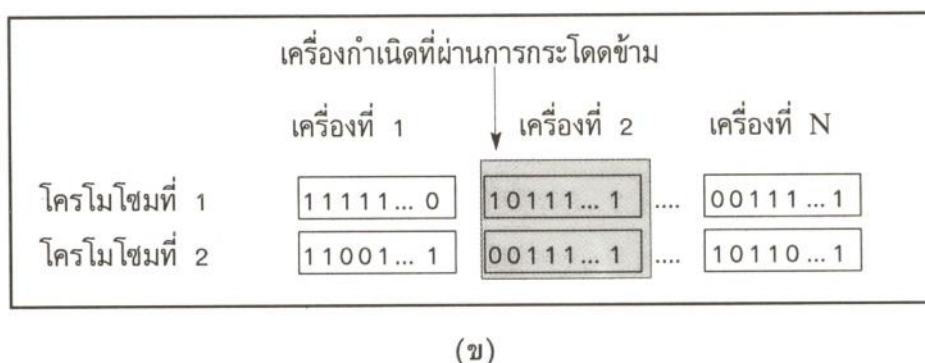
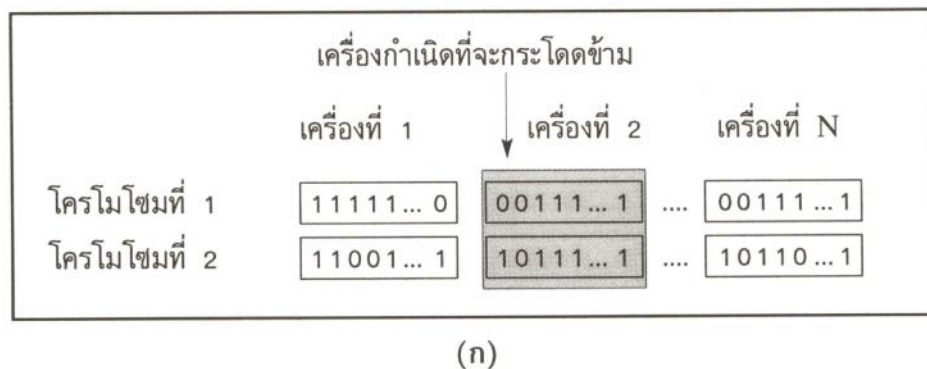
- [6] U.D. Annakkage, T. Numnonda and N.C. Pahalawaththa, "Unit commitment by parallel simulated annealing", *IEE Proc.-Gener. Transm. Distrib.*, Vol. 142, No. 6, pp. 595-600, November 1995.
- [7] T.T. Maifeld, G.B. Sheble, "Genetic-base unit commitment algorithm", *IEEE Trans. on Power Systems*, Vol. 11, No. 3, pp. 1359-1369, August 1996.
- [8] D. Dasgupta, D.R. McGregor, "Thermal unit commitment using genetic algorithms", *IEE Proc.-Gener. Transm. Distrib.*, Vol. 141, No. 5, pp. 459-465, September 1994.
- [9] Y. Fukuyama, H. Chiang, "A parallel genetic algorithm for generation expansion planning", *IEEE Trans. on Power Systems*, Vol. 11, No. 2, pp. 955-961, May 1996.
- [10] J.H. Holland, "Genetic Algorithms", *Scientific American*, pp. 44-50, July 1992.
- [11] D.E. Goldberg, *Genetic algorithms in search, optimization, and machine learning*, Addison-Wesley, Reading, 1989.
- [12] T. Numnonda, U.D. Annakkage and N.C. Pahalawaththa, "Unit commitment using stochastic optimization, in *Proc. Inter. Conf. On Intelligent systems applications to power system*, pp. 428-433, (Florida, USA), January 1996.
- [13] G.B. Sheble, K. Britig, "Refined genetic algorithm-economic dispatch example", *IEEE Trans. on Power Systems*, Vol. 10, No. 1, pp. 117-124, February 1995.
- [14] ธวัช เกิดขึ้น, ธนชาติ นุ่มนนท์ และกิตติพงษ์ ตันมิตร, "การแก้ปัญหาการจ่ายโหลดอย่างประหยัดโดยใช้วิธีเจเนติก", *การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้าครั้งที่ 20*, หน้า 38-, พฤศจิกายน พ.ศ. 2540.
- [15] นายธวัช เกิดขึ้น. "การแก้ปัญหาชนิดคอมมิตเมนต์โดยใช้วิธีเจเนติก", *วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต*, มหาวิทยาลัยขอนแก่น, มีนาคม พ.ศ. 2541.

ชั่วโมง	1	2	3	4	5	6		T
เครื่องที่ 1	1	1	1	1	1	0		1
เครื่องที่ 2	0	0	1	1	1	0		1
"								
เครื่องที่ N	0	0	1	1	1	0		1

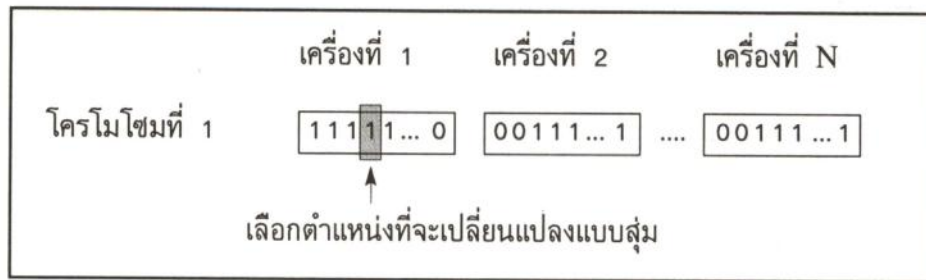
รูปที่ 1 ลักษณะของโครโมโซมที่แทนในการแก้ปัญหาชนิดคอมมิตเมนต์



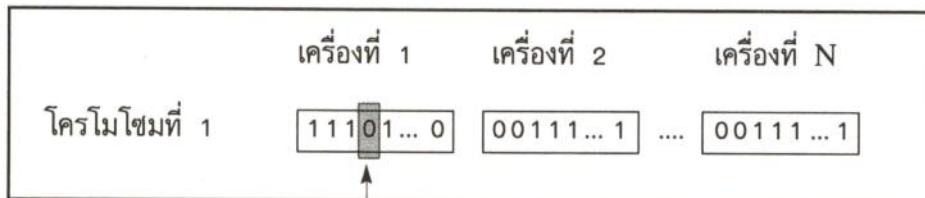
รูปที่ 2 (ก) คู่โครโมโซมก่อนการกระโดดข้ามแบบ 2 จุด
 (ข) คู่โครโมโซมใหม่ที่ได้จากการกระโดดข้ามแบบ 2 จุด



รูปที่ 3 (ก) คู่โครโมโซมก่อนการกระโดดข้ามแบบ 1 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า
 (ข) คู่โครโมโซมใหม่ที่ได้จากการกระโดดข้ามแบบ 1 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า



(ก)



(ข)

รูปที่ 4 (ก) โครโมโซมก่อนการเปลี่ยนแปลง
(ข) โครโมโซมใหม่หลังการเปลี่ยนแปลง

ข้าม	1	2	3	4	5	6.....T
โครโมโซมที่ 1	1	1	1	1	1	0 1 1 0 0 0
โครโมโซมที่ 2	0	0	1	1	1	0 0 0 0 1 1
โครโมโซมที่ 3	1	1	0	0	1	0 1 0 1 1 1
"						
โครโมโซมที่ N	0	0	1	1	1	0 1 1 1 1 1

(ก)

ข้าม	1	2	3	4	5	6.....T
โครโมโซมที่ 1	1	1	0	0	1	0 1 1 0 0 0
โครโมโซมที่ 2	0	0	1	1	1	0 0 0 0 1 1
โครโมโซมที่ 3	1	1	1	1	1	0 1 0 1 1 1
"						
โครโมโซมที่ N	0	0	1	1	1	0 1 1 1 1 1

(ข)

รูปที่ 5 (ก) โครโมโซม 1 โครโมโซมก่อนการสลับค่าระหว่างเครื่องกำเนิดแบบ window swapping วิธีที่ 1
(ข) โครโมโซม 1 โครโมโซมผ่านการสลับค่าระหว่างเครื่องกำเนิดแบบ window swapping วิธีที่ 1

ตารางที่ 1 รายละเอียดกรณีศึกษาของปัญหาชนิดคอมมิตเมนต์

	กำลัง ผลิต สูงสุด (MW)	กำลัง ผลิต ต่ำสุด (MW)	a	b	c	เวลา เดิน เครื่อง น้อยสุด (h)	เวลา หยุด เครื่อง น้อยสุด (h)	สถานะ เริ่มต้น (h)	ราคา เริ่ม เดิน เครื่อง ร้อน	ราคา เริ่ม เดิน เครื่อง เย็น	เวลา เริ่มเดิน เครื่อง เย็น
เครื่องที่ 1	455	150	1000	16.19	0.00048	8	8	8	4500	9000	5
เครื่องที่ 2	455	150	970	17.26	0.00031	8	8	8	5000	10000	5
เครื่องที่ 3	130	20	700	16.6	0.002	5	5	-5	550	1100	4
เครื่องที่ 4	130	20	680	16.5	0.00211	5	5	-5	560	1120	4
เครื่องที่ 5	162	25	450	19.7	0.00398	6	6	-6	900	1800	4
เครื่องที่ 6	80	20	370	22.26	0.00712	3	3	-3	170	340	2
เครื่องที่ 7	85	25	480	27.74	0.00079	3	3	-3	260	520	2
เครื่องที่ 8	55	10	660	25.92	0.00413	1	1	-1	30	60	0
เครื่องที่ 9	55	10	665	27.27	0.00222	1	1	-1	30	60	0
เครื่องที่ 10	55	10	670	27.79	0.00173	1	1	-1	30	60	0

ตารางที่ 2 ความต้องการกำลังไฟฟ้า

ชั่วโมง	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
MW	700	750	850	950	1000	1100	1150	1200	1300	1400	1450	1500
ชั่วโมง	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
MW	1400	1300	1200	1050	1000	1100	1200	1400	1300	1100	900	800

ชั่วโมงที่		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
เครื่องที่ 1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
เครื่องที่ 2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
เครื่องที่ 3	3	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
เครื่องที่ 4	4	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
เครื่องที่ 5	5	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
เครื่องที่ 6	6	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0
เครื่องที่ 7	7	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0
เครื่องที่ 8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
เครื่องที่ 9	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
เครื่องที่ 10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

รูปที่ 6 สถานะเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อคำตอบเท่ากับ 565828 หน่วยราคา/24 ชั่วโมง