การแก้ปัญหายูนิตคอมมิตเมนต์ขนาดใหญ่ โดยใช้วิธีเจนนิติก

Solving Large-Scale Unit Commitment Problem Using Genetic Algorithms

ธนชาติ นุ่มนนท์ (Thanachat Numnonda)*
ธวัช เกิดชื่น (Thawat Kerdchuen)**
กิตติพงษ์ ตันมิตร (Kittipong Tanmitr)***

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เสนอแนวทางการแก้ปัญหายูนิตคอมมิตเมนต์ของระบบไฟฟ้ากำลังขนาดใหญ่โดยใช้วิธีเจนนิติก ปัญหาที่สำคัญในการนำวิธีเจนนิติกมาแก้ปัญหายูนิตคอมมิตเมนต์คือเวลาที่ใช้ในการคำนวณทั้งนี้เพราะจะต้องมีการแก้ปัญหาการจ่ายโหลดอย่างประหยัดพร้อมกับปัญหายูนิตคอมมิตเมนต์จำนวนหลาย ๆ ครั้ง งานวิจัยนี้ได้เสนอแนวทางในการลดขั้นตอนในการคำนวณโดยการปรับปรุงวิธีการเรียงลำดับความสำคัญ เพื่อมาประยุกต์ใช้กับการแก้ปัญหาการจ่ายโหลดอย่างประหยัด ในบทความนี้ได้พิจารณาแก้ปัญหากับกรณีศึกษาของกลุ่มเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังความร้อนจำนวน 26 และ 100 เครื่อง และได้ทำการเปรียบเทียบผลการทดลองกับวิธี Priority List พบว่าวิธีเจนนิติกที่นำเสนอสามารถให้คำตอบที่ดี ภายในเวลาที่เหมาะสม

Abstract

In this research, a genetic algorithm for solving large-scale unit commitment problems has been proposed. The main difficulty of using the genetic algorithm for solving the unit commitment problem is its lengthy computational time. This is due to the computational time for solving several economic dispatch problems within the main unit commitment problem. This research reduces the computational requirement by introducing a refined merit order method for solving the economic dispatch problem. In this paper, the proposed algorithm was tested on two studied examples with 26 and 100 generating units, respectively. The results were compared with those given by the priority list method. It was found that the genetic algorithm provides satisfactory results within good computational time.

คำสำคัญ : ยูนิตคอมมิตเมนต์ วิธีเจนนิติก ระบบไฟฟ้ากำลัง
Keywords : Unit commitment ; Genetic algorithm

*อาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
**อาจารย์ แผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ นครราชสีมา
***รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทนำ

ปัญหายูนิตคอมมิตเมนต์ (unit commitment problem) เป็นปัญหาการหาสถานะการปฏิบัติงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในระบบไฟฟ้ากำลัง ซึ่งเป็นการคำนวณหาว่าเครื่องกำเนิดไฟฟ้าใดควรจะเดินเครื่องหรือหยุดเดินเครื่องในแต่ละคาบเวลาตามโหลดความต้องการใช้กระแสไฟฟ้า เพื่อให้ได้ค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุด ในทางปฏิบัติแล้วบริษัทผลิตกระแสไฟฟ้าจะมีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอยู่หลายเครื่อง แต่ละเครื่องจะมีกำลังในการผลิต ต้นทุนในการผลิต หรือราคาค่าบำรุงรักษาที่แตกต่างกัน แต่เนื่องจากโหลดความต้องการกระแสไฟฟ้าในแต่ละชั่วโมงจะแตกต่างกัน ดังนั้นจึงไม่ใช่เป็นเรื่องง่ายที่จะเลือกเปิดหรือปิดเครื่องกำเนิดไฟฟ้ายูนิตต่าง ๆ เพื่อให้ได้ค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุด หากไม่มีการคำนวนที่ถูกต้อง ในปัจจุบันบริษัทไฟฟ้าต่าง ๆ ในโลกยังไม่ได้ใช้วิธีการที่อาศัยหลักทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมสำหรับการเลือกเปิดหรือปิดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า แต่จะอาศัยจากประสบการณ์เสียมากกว่า ซึ่งหากสามารถที่จะนำวิธีการคำนวนที่เหมาะสมมาใช้ อาจสามารถจะทำให้บริษัทไฟฟ้าสามารถประหยัดเงินได้นับล้านบาทต่อวัน (Sheble, 1996)

วิธีการแก้ปัญหายูนิตคอมมิตเมนต์ที่นิยมใช้ในปัจจุบันมีหลายวิธีอาทิเช่น วิธี Langrangian วิธี Priority List วิธี Dynamic programming วิธี Integer and Mix-Integer programming และวิธี Branch-and-Bound เป็นต้น แต่กระนั้นก็ตามวิธีดังกล่าวอาจไม่เหมาะสมในทางปฏิบัติเนื่องจากปัญหาการตัดสินใจจ่ายกระแสไฟฟ้าเป็นปัญหาที่มีจำนวนตัวแปร (จำนวนเครื่องเครื่องกำเนิดไฟฟ้า) และเงื่อนไขบังคับต่าง ๆ จำนวนมาก ดังนั้นจึงยังมีการศึกษาค้นคว้าหาวิธีการเหมาะสมอื่น ๆ อย่างต่อเนื่อง และเมื่อเร็ว ๆ นี้จึงมีนักวิจัยหลายคนได้เสนอแนวทางการแก้ปัญหาการตัดสินใจจ่ายกระแสไฟฟ้าโดยใช้วิธีการหาค่าที่เหมาะสมแบบสุ่ม (stochastic optimization techniques) หรือใช้วิธีเน็ตเวอร์ตนิวลอน (neural networks) ซึ่งวิธีการต่าง ๆ เหล่านี้สามารถให้คำตอบที่ดี (Sheble, 1994 ; Annakkage, 1995 ; Kazarlis 1996) วิธีเจนนิติก (genetic algorithm) ก็เป็นวิธีการหาค่าที่เหมาะสมแบบสุ่มวิธีที่หนึ่ง ที่มีผู้นำมาใช้ในการแก้ปัญหายูนิตคอมมิตเมนต์ แต่กระนั้นก็ตามงานวิจัยส่วนใหญ่ที่นำวิธีเจนนีติกมาแก้ปัญหายูนิตคอมมิตเมนต์มักจะเป็นปัญหาที่มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าไม่มากนัก (Numnonda, 1996) ทั้งนี้เนื่องจากวิธีเจนนีติกจะต้องใช้เวลาในการคำนวณมาก ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะนำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาการตัดสินใจจ่ายกระแสไฟฟ้าขนาดใหญ่โดยใช้วิธีเจนนีติก โดยจะทำการปรับปรุงวิธีการในการคำนวณให้มีขั้นตอนในการคำนวณที่น้อยลง

ปัญหายูนิตคอมมิตเมนต์

สมมุติฐานที่ใช้ในการวิจัยนี้คือจะกำหนดให้ปัญหายูนิตคอมมิตเมนต์ที่นำมาวิเคราะห์ในการคำนวณ เป็นปัญหาที่มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจำนวนมากอยู่ในบริเวณเดียวกัน โดยไม่มีการพิจารณาการสูญเสียกำลังไฟฟ้าของสายส่ง ซึ่งเป็นรูปแบบที่พิจารณากันทั่วไป และเป้าหมายของการแก้ปัญหาการตัดสินใจจ่ายกระแสไฟฟ้า คือต้องการตัดสินใจคาบเวลาในการเดินและหยุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อจ่ายกำลังไฟฟ้าในคาบเวลาที่พิจารณาให้มีราคาต้นทุนต่ำที่สุด ซึ่งราคาต้นทุนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าประกอบด้วย ราคาค่าเชื้อเพลิงและราคาการเริ่มเดินเครื่องตามสมการที่ (1) (Wood, 1994)

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

เมื่อ . T คือ จำนวนชั่วโมงที่พิจารณา

N คือ จำนวนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

U_{it} คือ สถานะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าของเครื่องที่ i ที่เวลา t โดยที่ U_{it} มีค่าเป็น 0 ถ้าหยุดเดินเครื่อง และ U_{it} มีค่าเป็น 1 ถ้าเดินเครื่อง

$F_i(P_{it})$ คือ ค่าเชื้อเพลิงของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องที่ 1 ขณะจ่ายกำลังไฟฟ้า P_{it} ที่เวลา t

ST_i คือ ราคาการเริ่มเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องที่ i

P_{it} คือ กำลังไฟฟ้าที่ผลิตจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องที่ i ที่เวลา t

ดังนั้นการแก้ปัญหายูนิตคอมมิตเมนต์ก็คือการเลือกสถานะภาพของ U_{it} เพื่อทำให้ ค่าของฟังก์ชัน F ในสมการที่ (1) มีค่าต่ำสุด สำหรับฟังก์ชันราคาค่าเชื้อเพลิงจากสมการที่ (1) ที่มีผลต่อต้นทุนการผลิตพลังงานไฟฟ้านั้นมีรายละเอียดตามสมการที่ (2)

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

เมื่อ a, b และ c คือค่าคงที่ของแต่ละเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งค่าราคาเชื้อเพลิงนี้จะหามาจากการแก้ปัญหาการจ่ายโหลดอย่างประหยัด (economic dispatch)

ในส่วนของราคาการเริ่มเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจากสมการที่ (1) ที่มีผลต่อต้นทุนการผลิตพลังงานไฟฟ้านั้นมีรายละเอียดตามสมการที่ (3)

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

เมื่อ k คือ จำนวนชั่วโมงที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าหยุดเดินเครื่องก่อนที่จะเริ่มเดินเครื่องใหม่

d_{1i} d_{2i} และ d_{3i} คือ ค่าคงที่ของแต่ละเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ปัญหายูนิตคอมมิตเมนต์ยังมีเงื่อนไขบังคับที่จะต้องทำให้ผลของการคำนวณสอดคล้องกับเงื่อนไขดังกล่าว ซึ่งเงื่อนไขบังคับที่สำคัญพอสรุปได้ดังต่อไปนี้

● **เงื่อนไขความสมดุลย์กำลังไฟฟ้า** (power balance constraint) เงื่อนไขนี้เป็นตามสมการที่ (4)

$$\sum_{t=1}^{T}\sum_{i=1}^{N} U_{it} P_{it} = D_t \qquad (4)$$

เมื่อ D_t คือ ความต้องการกำลังไฟฟ้าของระบบที่เวลา t

P_{it} คือ กำลังไฟฟ้าที่ผลิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ i ที่เวลา t

● **เงื่อนไขกำลังผลิตไฟฟ้าสำรอง** (Spinning reserve constraint) เงื่อนไขนี้เป็นตามสมการที่ (5)

$$\sum_{t=1}^{T}\sum_{i=1}^{N} U_{it} P_{i,max} \geq R_t + D_t \qquad (5)$$

เมื่อ R_t คือ กำลังผลิตไฟฟ้าสำรองที่เวลา t

$P_{i,max}$ คือ กำลังผลิตไฟฟ้าสูงสุดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ i

● **เงื่อนไขขีดจำกัดกำลังผลิต** (Generating capacity constraint) เงื่อนไขนี้เป็นตามสมการที่ (6)

$$P_{i,min} \leq P_{it} \leq P_{i,max} \text{ เมื่อ } t \text{ เท่ากับ } 1 \text{ ถึง } T \qquad (6)$$

เมื่อ $P_{i,min}$ คือขีดจำกัดกำลังผลิตไฟฟ้าต่ำสุดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ i

● **เงื่อนไขเวลาเดินเครื่องอย่างน้อยที่สุด** (minimum up time constraint) เงื่อนไขนี้เป็นไปตามสมการที่ (7)

$$(X^{on}_{i(t-1)} - min_up_i)*(U_{i(t-1)} - U_{it}) \geq 0 \qquad (7)$$

เมื่อ คือ จำนวนชั่วโมงที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องที่ i เดินเครื่องเป็นเวลาติดต่อกันจนถึงเวลาที่ (t-1)

min_up_i คือ ค่าเวลาเดินเครื่องอย่างน้อยที่สุดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ i

● **เงื่อนไขเวลาหยุดเครื่องอย่างน้อยที่สุด** (minimum down time constraint) เงื่อนไขนี้เป็นไปตามสมการที่ (8)

$$(X^{off}_{i(t-1)} - min_dw_i)*(U_{it} - U_{i(t-1)}) \geq 0 \quad (8)$$

เมื่อ คือ จำนวนชั่วโมงที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องที่ i หยุดเดินเครื่องเป็นเวลาติดต่อกันจนถึงเวลาที่ (t-1)

min_dw_i คือ ค่าเวลาหยุดเดินเครื่องอย่างน้อยที่สุดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ i

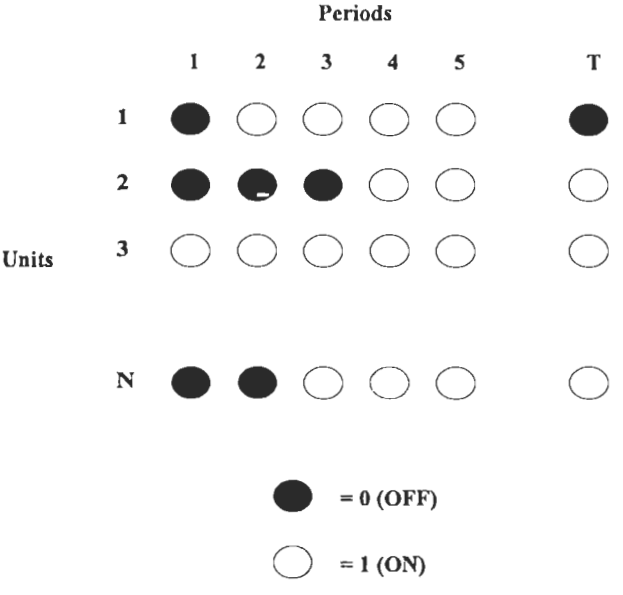
วิธีการแก้ปัญหายูนิตคอมมิตเมนต์

แนวคิดในการแก้ปัญหายูนิตคอมมิตเมนต์ที่นำเสนอในงานวิจัยนี้ เป็นการนำวิธีเจนนีติกมาประยุกต์ใช้ และมีการนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาการจ่ายโหลดอย่างประหยัดโดยใช้วิธีการเรียงลำดับความสำคัญ (merit order) มาผสมกับการประมาณฟังก์ชันราคาเชื้อเพลิงให้เป็นเชิงเส้นหลาย ๆ ส่วน ซึ่งวิธีการทั้งสองสรุปได้ดังนี้

1. การนำวิธีเจนนิติกมาแก้ปัญหายูนิตคอมมิตเมนต์

ขั้นการนำวิธีเจนนิติกเพื่อแก้ปัญหาการตัดสินใจจ่ายกระแสไฟฟ้า มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 ทำการผลิตชุดโครโมโซมเริ่มต้น โดยแต่ละโครโมโซมมีจำนวนบิตเท่ากับจำนวนชั่วโมงของคาบเวลา (T) คูณกับจำนวนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (N) ซึ่งจำนวนโครโมโซมในชุดโครโมโซมควรมีจำนวนมากขึ้นตามความซับซ้อนของปัญหา การให้ค่าไบนารี่ (binary) ของโครโมโซมเป็น 1 หมายถึงเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเดินเครื่องอยู่ และเป็น 0 หมายถึงเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหยุดเดินเครื่อง ซึ่งค่าไบนารี่ของโครโมโซมเริ่มต้นสำหรับปัญหาการตัดสินใจจ่ายกระแสไฟฟ้าแต่ละตัวจะได้มาจากการสุ่ม รูปที่ 1 แสดงตัวอย่างลักษณะการเก็บข้อมูลของโครโมโซม



รูปที่ 1. ลักษณะของโครโมโซมที่แทนในการแก้ปัญหาการตัดสินใจจ่ายกระแสไฟฟ้า

ขั้นตอนที่ 1.1 นำชุดโครโมโซมไปหาค่าความสมบูรณ์ (fitness) จากฟังก์ชันเป้าหมาย ซึ่งค่าฟังก์ชันเป้าหมายที่มีค่าต่ำสุดคือโครโมโซมที่มีความสมบูรณ์สูงสุด โดยฟังก์ชันเป้าหมายจะถูกกำหนดดังสมการที่ (9)

$$F = \sum_{t=1}^{T}\sum_{i=1}^{N} U_{it}F_i(P_{it}) + U_{it}(1-U_{i(t-1)})ST_i + p_1 + p_2 + p_3 \qquad (9)$$

ทั้งนี้เนื่องจากวิธีเจนนิติกเป็นวิธีการหาค่าสูงสุดที่เหมาะสม ดังนั้นการนำมาแก้ปัญหายูนิตคอมมิตเมนต์จึงต้องให้ฟังก์ชันเป้าหมายที่มีค่าเป็นส่วนกลับ (negative) ของสมการต้นทุนการผลิต (สมการที่ (1)) ฟังก์ชันเป้าหมายจะมีเทอมที่แตกต่างจากสมการต้นทุนคือ p_1 p_2 และ p_3 ซึ่งเป็นค่าการปรับโทษ (penalty) โดยที่ p_1 คือค่าการปรับโทษเมื่อมีการรบกวนเงื่อนไขเวลาเดิน-หยุดเครื่องอย่างน้อยที่สุด p_2 คือค่าการปรับโทษเมื่อมีการรบกวนเงื่อนไขขีดจำกัดกำลังผลิตต่ำสุดและสูงสุด และ p_3 คือค่าการปรับโทษเมื่อเงื่อนไขกำลังผลิตสำรองของระบบไม่เป็นตามสมการที่ (5)

ขั้นตอนที่ 2 เข้าสู่รอบการสร้างชุดโครโมโซมใหม่ ในขั้นตอนนี้มีอยู่ 3 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการถ่ายทอด การกระโดดข้าม และขั้นตอนการเปลี่ยนแปลง

ขั้นตอนที่ 2.1 ขั้นตอนการถ่ายทอดจะเป็นการนำชุดโครโมโซมชุดเดิมสู่การคัดเลือกโครโมโซมเพื่อถ่ายทอดโครโมโซมที่ดีไปสู่รอบการสร้างชุดโครโมโซมใหม่ถัดไป การคัดเลือกโครโมโซมจะขึ้นอยู่กับค่าฟังก์ชันเป้าหมายของโครโมโซม กล่าวคือ โครโมโซมที่มีค่าฟังก์ชันเป้าหมายสูงจะมีโอกาสถูกเลือกมากกว่าโครโมโซมที่มีค่าฟังก์ชันเป้าหมายต่ำ

ขั้นตอนที่ 2.2 ขั้นตอนนี้เป็นการผสมค่าระหว่างโครโมโซมที่มีค่าฟังก์ชันเป้าหมายสูง โดยเรียกขั้นตอนนี้ว่าการกระโดดข้าม ปกติการกระโดดข้ามจะไม่ทำการกระโดดข้ามโครโมโซมทุกตัวแต่อาศัยความเป็นไปได้ที่จะกระโดดข้าม กล่าวคือคู่โครโมโซมที่เลือกมานั้นถ้าสุ่มจำนวนจริงมาแล้วมีค่าน้อยกว่า หรือเท่ากับ 0.6 - 0.95 (Fogel, 1994) จึงจะทำการกระโดดข้าม ซึ่งการกระโดดข้ามเป็นการกระโดดข้ามระหว่างโครโมโซม ดังนั้นเมื่อผ่านการกระโดดข้าม ทำให้ได้โครโมโซมออกมาใหม่ 1 คู่ การกระโดดข้ามมีอยู่หลายวิธี ที่นี้ได้ใช้วิธีการกระโดดข้ามแบบ 2 จุด และการกระโดดข้าม 1 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยโอกาสการเลือกวิธีใดวิธีหนึ่งระหว่างสองวิธีมีความเป็นไปได้ 0.5

การกระโดดข้ามแบบ 2 จุดทำได้โดยเลือกจุดในการกระโดดข้ามมา 2 จุดแบบสุ่ม แล้วจึงทำการกระโดดข้ามระหว่างคู่โครโมโซมที่เลือกมา สำหรับวิธีการกระโดดข้ามแบบ 1 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า กระทำไปได้โดยทำการสุ่มเลือกเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งเครื่องกำเนิดทุกเครื่องมีโอกาสถูกเลือกเท่ากัน เมื่อได้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่จะทำการกระโดดข้ามแล้ว จะทำการกระโดดข้ามระหว่างคู่โครโมโซม ทำให้ได้คู่โครโมโซมใหม่ที่มีการสลับค่าโครโมโซมเฉพาะเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่เลือกมา

การกระโดดข้ามแบบ 1 เครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีส่วนดี คือเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ทำการกระโดดข้ามนั้นเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องเดียวกัน ดังนั้นเมื่อกระโดดข้ามไปแล้วจะลดปัญหาการรบกวนต่อเงื่อนไขเวลาเดิน-หยุดเครื่องอย่างน้อยที่สุดได้

ขั้นตอนที่ 2.3 ขั้นตอนนี้เป็นการสร้างข้อมูลใหม่ให้แก่ชุดโครโมโซมโดยการสลับค่าของโครโมโซม ดังนั้นจึงเรียกขั้นตอนนี้ว่าการเปลี่ยนแปลง การที่โครโมโซมจะถูกเปลี่ยนแปลงนั้นอาศัยความเป็นไปได้ที่น้อยมากปกติอยู่ในช่วง 0.001-0.01 (Fogel, 1994) ในงานวิจัยนี้ได้ออกแบบให้โครโมโซมที่จะผ่านขั้นตอนนี้มีเพียงเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเดียวที่อาจจะถูกเปลี่ยนแปลง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับว่าตัวเลขที่สุ่มมาน้อยกว่าค่าความเป็นไปได้หรือเปล่า สาเหตุที่ออกแบบลักษณะนี้เพราะว่าไม่ต้องการให้มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก ซึ่งจะทำให้มีการรบกวนเงื่อนไขเวลาเดิน-หยุดเครื่องอย่างน้อยที่สุด

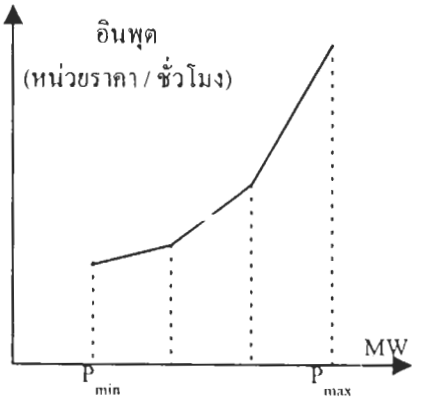
ขั้นตอนที่ 2.4 นำชุดโครโมโซมที่ผ่านขั้นตอนทั้ง 3 ขั้นตอนมาหาค่าฟังก์ชันเป้าหมายดังขั้นตอนที่ 1.1 เพื่อส่งเป็นข้อมูลให้กับรอบการสร้างชุดโครโมโซมใหม่ต่อไป

ขั้นตอนที่ 3 ทำซ้ำขั้นตอนที่ 2 ทั้งสี่ขั้นตอนจนกระทั่งครบตามจำนวนรอบการสร้างชุดโครโมโซมใหม่ตามที่ต้องการ

ขั้นตอนที่ 4 เมื่อผ่านขั้นตอนที่ 3 แล้ว ทำการเลือกโครโมโซมที่มีค่าฟังก์ชันเป้าหมายสูงสุดเป็นคำตอบ โดยคำตอบก็คือโครโมโซมซึ่งแสดงการเดิน-หยุดเครื่องที่ต้นทุนการผลิตกำลังไฟฟ้าต่ำสุด และค่าฟังก์ชันเป้าหมายคือราคาต้นทุนการผลิตพลังงานไฟฟ้าตลอดคาบที่พิจารณาของโครโมโซมคำตอบนั้น

2. การแก้ปัญหาการจ่ายโหลดอย่างประหยัด

การแก้ปัญหายูนิตคอมมิตเมนต์นั้นจะมีการแก้ปัญหาการจ่ายโหลดอย่างประหยัดเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย ซึ่งวิธีการที่นิยมใช้กันทั่วไปคือวิธีการวนรอบแบบแลมด้า (lambda iteration) แต่ถ้ามีการนำวิธีดังกล่าวมาใช้กับวิธีเจนนีติกจะทำให้การคำนวณล่าช้ามาก วิธีอีกวิธีหนึ่งที่ง่ายต่อการคำนวณคือวิธีการเรียงลำดับความสำคัญ แต่วิธีนี้จะมีค่าผิดพลาดมากเนื่องจากมีการประมาณค่าเชื้อเพลิงเป็นสมการเชิงเส้น ในการวิจัยนี้ได้นำวิธีการเรียงลำดับความสำคัญมาประยุกต์ โดยทำการแบ่งฟังก์ชันค่าเชื้อเพลิงที่เป็นสมการควอดราติกให้เป็นส่วนย่อย ๆ ซึ่งแต่ละส่วนย่อยเป็นลักษณะของสมการเชิงเส้น ดังแสดงในรูปที่ 2. ต่อจากนั้นจึงสามารถทำการแก้ปัญหาการจ่ายโหลดอย่างประหยัดโดยใช้ใช้วิธีการเรียงลำดับความสำคัญของแต่ละส่วนย่อยได้ ซึ่งการแก้ปัญหาโดยใช้วิธีการเรียงลำดับความสำคัญ ลักษณะนี้มีลำดับขั้นดังต่อไปนี้



รูปที่ 2 การแบ่งฟังก์ชันค่าเชื้อเพลิงเป็นส่วนย่อย

ขั้นตอนที่ 1 ทำการแบ่งฟังก์ชันค่าเชื้อเพลิงของทุกเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเป็นส่วนย่อย ๆ ซึ่งแต่ละส่วนย่อยนี้เป็นแบบเชิงเส้นดังรูปที่ 2 ซึ่งในรูปที่ 2 นั้นได้แบ่งเป็น 3 ส่วนย่อย

ขั้นตอนที่ 2 ทำการเรียงค่าอัตราการเพิ่มขึ้นของราคาเชื้อเพลิงของแต่ละเครื่องกำเนิดไฟฟ้าของแต่ละส่วนย่อย ๆ

ขั้นตอนที่ 3 ทำการแก้ปัญหาการจ่ายโหลดอย่างประหยัดโดยลักษณะการแก้ปัญหาจะให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละเครื่องที่มีค่าอัตราการเพิ่มขึ้นของราคาเชื้อเพลิงต่ำที่สุดของส่วนย่อยจ่ายกำลังไฟฟ้าจนเต็มพิกัด แล้วก็ให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีอัตราการเพิ่มขึ้นของราคาเชื้อเพลิงที่สูงขึ้นมาเรื่อยจ่ายเข้าไปเพิ่มอีกจนกระทั่งเพียงพอกับความต้องการกำลังไฟฟ้าของระบบ แต่ถ้าหากทุกเครื่องจ่ายกำลังไฟฟ้าเต็มพิกัดของส่วนย่อยแล้วแต่ยังไม่เพียงพอกับความต้องการกำลังไฟฟ้าของระบบก็จะต้องพิจารณาตามลักษณะเดิมในส่วนย่อยถัดไป เมื่อผลรวมกำลังไฟฟ้าจากทุกเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพียงพอกับความต้องการของระบบแล้วก็เข้าสู่ขั้นตอนถัดไป

ขั้นตอนที่ 4 นำค่ากำลังผลิตไฟฟ้าของแต่ละเครื่องกำเนิดไฟฟ้าไปคำนวณหาค่าเชื้อเพลิงโดยการแทนค่ากำลังผลิตไฟฟ้าลงในสมการที่ (2) เมื่อแทนค่าจนหมดทุกเครื่องก็จะได้ผลรวมค่าใช้จ่ายสำหรับการผลิตกำลังไฟฟ้าที่มีหน่วยเป็นหน่วยราคาต่อชั่วโมง

ผลการทดสอบวิธีการที่นำเสนอ

เพื่อเป็นการทดสอบการแก้ปัญหายูนิตคอมมิตเมนต์ตามแนวทางที่นำเสนอ ผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาโปรแกรมภาษาซีบนระบบปฏิบัติการไมโครซอฟต์วินโดส์ 95 โดยใช้โปรแกรมบอร์แลนด์ซี++ รุ่น 4.5 โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นสามารถแก้ปัญหายูนิตคอมมิตเมนต์ที่มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจำนวนมากและมีเงื่อนไขที่แตกต่างกันได้ ผู้วิจัยได้ทำการทดลอบแก้ปัญหากับกรณีศึกษาสองกรณี ซึ่งกรณีแรกเป็นการทดลอบกับการแก้ปัญหากับระบบที่มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังความร้อนจำนวน 26 เครื่อง และกรณีหลังเป็นการแก้ปัญหากับระบบที่มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังความร้อนจำนวน 100 เครื่อง ซึ่งข้อมูลของปัญหาทั้งสองกรณีนี้ผู้ที่สนใจสามารถค้นหาเพิ่มเติมได้จาก (ธนชาติ, 2541)

ก่อนที่จะทำการทดสอบกับกรณีศึกษาต้องทำการหาค่าสัมประสิทธิต่าง ๆ สำหรับวิธีเจนนิติกก่อน อาทิเช่น ค่าความเป็นไปได้ที่จะกระโดดข้ามและค่าความเป็นไปได้ที่จะเปลี่ยนแปลง ในการหาค่าทั้งสองค่านั้นผู้วิจัยได้ทำกำหนดค่าจำนวนโครโมโซม และจำนวนรอบการสร้างโครโมโซมใหม่ให้มีค่าคงที่ แล้วทำการเปลี่ยนแปลงค่าที่ต้องการหาดังต่อไปนี้

(1) ทดสอบหาค่าความเป็นไปได้ที่จะทำการกระโดดข้าม โดยได้ทำการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นไปได้ที่จะกระโดดข้ามเป็นค่า 0.5 0.7 และ 0.9

(2) ทดสอบหาค่าความเป็นไปได้ที่จะทำการเปลี่ยนแปลง โดยได้ทำการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นไปได้ที่จะเปลี่ยนแปลงเป็นค่า 0.001 0.005 และ 0.01

จากการทดสอบเพื่อหาค่าความเป็นไปได้ดังกล่าว ผู้วิจัยพบว่าค่าที่เหมาะสมสำหรับค่าความเป็นไปได้ค่าความเป็นไปได้ที่จะกระโดดข้ามคือ 0.9 และค่าที่เหมาะสมสำหรับค่าความเป็นไปได้ที่จะทำการเปลี่ยนแปลงคือ 0.01

สำหรับการทดสอบเพื่อหาจำนวนโครโมโซมและจำนวนรอบการสร้างชุดโครโมโซมใหม่ที่เหมาะสมนั้น ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบดังต่อไปนี้

(1) จำนวนโครโมโซมได้ทำการเปลี่ยนแปลงจาก 50 100 150 และ 200 โครโมโซม โดยให้จำนวนรอบการสร้างชุดโครโมโซมใหม่มีค่าคงที่

(2) จำนวนรอบการสร้างชุดโครโมโซมใหม่ ได้เปลี่ยนแปลงจาก 200 500 และ 1000 รอบ โดยให้จำนวนโครโมโซมมีค่าคงที่

จากการทดสอบเพื่อหาจำนวนโครโมโซม ผู้วิจัยพบว่าจำนวนโครโมโซมที่เหมาะสมมีค่าเท่ากับ 100 โครโมโซม และจากการทดสอบเพื่อหารอบการสร้างชุดโครโมโซมใหม่พบว่าจำนวนรอบการสร้างชุดโครโมโซมใหม่ที่เหมาะสมมีค่าเท่ากับ 1000 รอบ

เมื่อได้ค่าสัมประสิทธิของวิธีเจนนิติก ผู้วิจัยได้ทดสอบแก้ปัญหากับกรณีศึกษาทั้ง 2 กรณี และได้ผลการทดสอบเป็นดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบ

กรณีที	1	2
จำนวนโครโมโซม	100	100
จำนวนรอบการสร้างชุดโครโมโซมใหม่	1000	2000
วิธีเจนนิติก (หน่วยราคา / 24 ชั่วโมง)	702697	1216200
เวลาในการคำนวณของวิธีเจนนิติก (วินาที)	6981	112834

ในตารางที่ 1 นั้นเมื่อมีการเปรียบเทียบผลการทดสอบวิธีเจนนิติกกับวิธีอื่น ๆ ที่ให้ผลลัพธ์ไว้ในเอกสารอ้างอิง ผู้วิจัยพบว่าวิธีเจนนิติกสามารถให้คำตอบที่ดี ยกเว้นในกรณีที่ 2 ซึ่งผลลัพธ์ของวิธีเจนนิติกยังสูงกว่าวิธีอื่น ๆ แต่อย่างไรก็ตามวิธีเจนนิติกนั้นต้องใช้เวลาในการคำนวณมากพอสมควร เพื่อเป็นการลดเวลาในการหาค่า ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบโดยใช้คำตอบที่ได้จากวิธี Priority List มาเป็นโครโมโซมร่วมกับในวิธีเจนนิติกทำให้เวลาในการหาค่าน้อยลง เนื่องจากสามารถให้จำนวนโครโมโซม และจำนวนรอบการสร้างชุดโครโมโซมใหม่ลดลงได้ ซึ่งผลการทดสอบนี้แสดงในตารางที่ 2 ซึ่งจะเห็นว่าเมื่อนำคำตอบจากวิธี Priority List มารวมในวิธีเจนนิติกจะให้คำตอบที่ดีขึ้น

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบเมื่อใช้วิธี Priority List ร่วมกับวิธีเจนนิติก

กรณีที	1	2
จำนวนโครโมโซม	100	50
จำนวนรอบการสร้างชุดโครโมโซมใหม่	1000	800
หน่วยราคา / 24 ชั่วโมง	704132	1199680
เวลา (วินาที)	6118	17003

สรุปและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอแนวทางการแก้ปัญหายูนิตคอมมิตเมนต์ขนาดใหญ่โดยใช้วิธีเจนนิติก โดยได้ลดขั้นตอนในการแก้ปัญหาการจ่ายโหลดอย่างประหยัด ซึ่งเป็นปัญหาย่อยของการแก้ปัญหายูนิตคอมมิตเมนต์ โดยการนำวิธีการเรียงลำดับความสำคัญมาประยุกต์ใช้ ผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาโปรแกรมภาษาซีบนระบบปฏิบัติการวินโดส์ 95 เพื่อให้เครื่องคอมพิวเตอร์สามารถแก้ปัญหายูนิต-คอมมิตเมนต์โดยใช้วิธีเจนนิ-ติกได้ ผู้วิจัยได้นำโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมาทดสอบแก้ปัญหาขนาดใหญ่สองกรณี ผลจากการทดสอบพบว่าวิธีเจนนิติกสามารถแก้ปัญหายูนิตคอมมิตเมนต์ที่มีเงื่อนไขต่าง ๆ ได้ ซึ่งปัญหาเหล่านี้ในบางกรณีไม่สามารถแก้ได้โดยใช้วิธีอื่น ๆ

นอกจากนี้ผู้วิจัยมีความเห็นว่าการใช้วิธีเจนนิติกในการแก้ปัญหายูนิตคอมมิตเมนต์ควรมีการทำวิจัยเพิ่มเติมในด้านต่าง ๆ ดังนี้ 1) ขยายไปสู่การแก้ปัญหายูนิตคอมมิตเมนต์ของเครื่อง

กำเนิดไฟฟ้าแบบ Hydro-thermal และ 2) หาแนวทางพัฒนาโปรแกรมสำหรับวิธีเจนนีติกบนเครื่องคอมพิวเตอร์แบบขนาน (Parallel Computer)

เอกสารอ้างอิง

ธนชาติ นุ่มนนท์. 2541. **รายงานการวิจัยเรื่อง การแก้ปัญหาการตัดสินใจจ่ายกระแสไฟฟ้าในระบบไฟฟ้ากำลังขนาดใหญ่โดยใช้วิธีเจนนิติก.** ขอนแก่น : มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

Fogel, D.B. 1994. An introduction to simulated evolution optimization. **IEEE Trans. on Neural Networks.** 5 (1) : 3-14.

Kazarlis, S.A., Bakirtzis, A.G., and Petridis, V. 1996. A genetic algorithm solution to the unit commitment problem. **IEEE Trans. on Power Systems.** 11 (1): 83-92.

Numnonda, T., Annakkage, U.D., and Pahalawatha, N.C. 1996. Unit commitment using stochastic optimization. In: **Proc. Inter. Conf. on Intelligent systems application to power system.** 428-433.

Sheble, G.B. and Fahd, G.N. 1994. Unit commitment literature synopsis. **IEEE Trans. on Power Systems.** 9 (1): 128-135.

Sheble, G.B., et.al.. 1996. Unit commitment by genetic algorithm with penalty methods and a comparison of lagrangian search and genetic algorithm-economic dispatch example. **Electrical Power & Energy Systems.** 18 (2): 339-346.

Wood, A. J. and Wollenberg, B. F. 1994. **Power Generation Operation and Control.** 2nd ed. New York : John Wiley and Sons.