

การแก้ปัญหาการจ่ายโหลดอย่างประหยัด โดยใช้วิธีการค้นหาแบบตาบ

สุวิทย์ คำสว่าง¹⁾ จงรักษ์ บุญเสียง¹⁾ และศราวุธ โพธิยา²⁾

¹⁾ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

²⁾ ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอวิธีที่มีประสิทธิภาพ ในการแก้ปัญหาการจ่ายโหลดอย่างประหยัด โดยใช้วิธีการค้นหาแบบตาบ ซึ่งเป็นวิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดที่กำลังได้รับความนิยมในปัจจุบัน เพราะเป็นวิธีที่สามารถหลีกเลี่ยงคำตอบที่เหมาะสมที่สุดเฉพาะถิ่น โดยอาศัยหน่วยความจำช่วงสั้นๆ ของคำตอบที่ผ่านมาแล้วและนำไปสู่คำตอบที่เหมาะสมที่สุดทั่วไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบใน 3 กรณีศึกษา พร้อมทั้งทำการเปรียบเทียบกับวิธี เจนเนติก (รวีช เกิดขึ้น และคณะ, 2540) และวิธี Excel Solver (วรวัฒน์ เสรีมวิบูล, 2544) การดำเนินงานทำโดยการจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม MATLAB จากผลการดำเนินการปรากฏว่า การแก้ปัญหาการจ่ายโหลดอย่างประหยัด โดยใช้วิธีการค้นหาแบบตาบ ได้คำตอบดีกว่าทั้งสองวิธีดังกล่าวทั้ง 3 กรณี และง่ายต่อการดำเนินงาน

Solving the Economic Dispatch Problem using Tabu Search

Suwit Kamsawang¹⁾ Jongrak Boonseng¹⁾ and Sarawut Pothiya²⁾

¹⁾ Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering,
King's Mongkut Institute of Technology Ladkrabang

²⁾ Department of Electronics Engineering, Faculty of Engineering, Northeast University

Abstract

This paper presents an efficient approach for solving the economic dispatch problem (EDP) using Tabu Search Algorithm (TSA). Nowadays the TSA is the most popular meta-heuristic technique for optimization because it has the ability to escape local optima by using a short-term memory of recent solutions lead to global optima. In this paper considered three case studies and compared with genetic algorithm (GA) (ธวัช เกิดขึ้น และคณะ, 2540) and Excel Solver (ES) (วรวัฒน์ เสี่ยมวิบูล, 2544). The programming for simulation by MATLAB. The results shown solving the EDP using TSA yield solutions better than GA and ES and easier to implementation.

บทนำ

ปัญหาการจ่ายโหลดอย่างประหยัด (economic dispatch problem) เป็นปัญหาสำคัญของระบบการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าในการดำเนินการผลิตกำลังไฟฟ้า เพื่อให้สามารถส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าให้เพียงพอกับความต้องการของผู้ใช้ และมีต้นทุนการผลิตต่ำที่สุด ซึ่งเป็นปัญหาที่น่าสนใจและท้าทาย ทำให้เป็นที่สนใจของนักวิจัยหลายท่าน (ธวัช เกิดขึ้น และคณะ, 2540 วรวัฒน์ เสี่ยมวิบูล, 2544 และศราวุธ โพธิยา, 2544) วัตถุประสงค์ของการจ่ายโหลดอย่างประหยัด ต้องทำให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ผลิตกำลังไฟฟ้าโดยใช้เชื้อเพลิงในการผลิตน้อยที่สุด จึงถือได้ว่าเป็นปัญหาการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด (optimization problem) ปัญหาการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กำหนดให้ฟังก์ชันค่าเชื้อเพลิง (fuel cost function) ซึ่งอยู่ในรูปของสมการพหุนาม (polynomials) เป็นฟังก์ชันเป้าหมาย (objective function) เพื่อต้องการให้มีค่าน้อยที่สุด แต่ปัญหาการจ่ายโหลดอย่างประหยัด เป็นปัญหาที่มีค่าที่เหมาะสมที่สุดเฉพาะถิ่น (local optimal) หลายค่า จึงทำให้ปัญหานี้เป็นที่น่าสนใจ และมีงานวิจัยจำนวนหนึ่งที่ใช้วิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดวิธีต่างๆ มาใช้ในการแก้ปัญหานี้เช่น วิธี Simulated Annealing (ธวัช เกิดขึ้น และคณะ, 2540) วิธีเจเนติก (วรวัฒน์ เสี่ยมวิบูล, 2544) และวิธี Excel Solver (ศราวุธ โพธิ

ยา, 2544) เป็นต้น แต่ในบทความนี้เป็นการประยุกต์ใช้วิธี การค้นหาแบบตาบู่ (Tabu Search) ซึ่งเป็นวิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดวิธีหนึ่งที่ได้รับคามนิยมมากในปัจจุบัน เพราะว่ามีความสามารถหลีกเลี่ยงค่าตอบที่เหมาะสมที่สุดเฉพาะถิ่น ไปสู่ค่าตอบที่เหมาะสมที่สุดทั่วไป (global optimal) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ปัญหาการจ่ายโหลดอย่างประหยัด

เป้าหมายหลักของการจ่ายโหลดอย่างประหยัด ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังความร้อนในระบบไฟฟ้ากำลังคือ การหาค่ากำลังการผลิตไฟฟ้าที่เหมาะสมที่สุดของเครื่องกำเนิดแต่ละเครื่องให้ตรงตามความต้องการของผู้ใช้ โดยใช้ราคาเชื้อเพลิงน้อยที่สุด ซึ่งจะขึ้นอยู่กับขีดจำกัดการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละเครื่อง สามารถเขียนสมการของการผลิตกำลังไฟฟ้า (Wong and Doan, 1995) ได้คือ

$$\sum_{i=1}^n P_i = D + P_L \quad (1)$$

เมื่อ

P_i คือ กำลังไฟฟ้าที่ผลิต จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องที่ i

D คือ ความต้องการของกำลังไฟฟ้าในระบบ (Demand)

P_L คือ กำลังไฟฟ้าสูญเสียทั้งหมดของการส่งจ่าย

n คือ จำนวนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ปัญหาการจ่ายโหลดอย่างประหยัด ต้องการให้ฟังก์ชันราคาเชื้อเพลิงต่ำสุดตามสมการ

$$\text{ราคาเชื้อเพลิงต่ำสุด } F_T = \sum_{i=1}^n F_i(P_i) \quad (2)$$

เมื่อ

F_T คือ ราคาเชื้อเพลิงทั้งหมด

F_i คือ ราคาเชื้อเพลิงของเครื่องกำเนิดเครื่องที่ i

โดยทั่วไปแล้วเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานความร้อน จะมีฟังก์ชันราคาเชื้อเพลิงดังสมการต่อไปนี้

$$F_i(P_i) = a_i + b_i P_i + c_i P_i^2 \quad (3)$$

เมื่อ a_i b_i และ c_i คือสัมประสิทธิ์ของฟังก์ชันอัตราความร้อนของเครื่องกำเนิดเครื่องที่ i

แต่อย่างไรก็ตาม กำลังการผลิตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละเครื่องต้องสอดคล้องกับเงื่อนไขบังคับเนื่องจากขีดจำกัดการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ตามสมการ

$$P_{i,\min} \leq P_i \leq P_{i,\max} \quad (4)$$

เมื่อ $P_{i,\min}$ และ $P_{i,\max}$ คือ กำลังผลิตไฟฟ้าต่ำสุดและสูงสุดของเครื่องกำเนิดเครื่องที่ i

การค้นหาแบบตาบู (Tabu search)

J.A. Bland and G.P. Dawson[5] และ Glover F.[6,7] ได้สรุปแนวคิดและขั้นตอนของการค้นหาแบบตาบู ซึ่งเป็นขั้นตอนวิธีการคิดที่ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาเกี่ยวกับการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดได้อย่างมีประสิทธิภาพ หลังจากนั้นก็เป็นที่ยอมรับแพร่หลายมากขึ้นเรื่อยๆ ปัจจุบันการค้นหาแบบตาบู ได้เป็นที่ยอมรับโดยทั่วไปว่ามีความสามารถที่จะหลีกเลี่ยงการให้คำตอบสุดท้ายที่เป็นค่า *เหมาะสมที่สุดเฉพาะถิ่น* (Local optimum) และยังสามารถดำเนินการค้นหาคำตอบต่อไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งได้คำตอบที่ใกล้เคียงกับค่า *เหมาะสมที่สุดทั่วไป* (Global optimum) หลักการของการค้นหาแบบตาบู เองก็ยังคงเป็นหลักการที่สามารถประยุกต์ใช้ได้กับปัญหาหลายๆอย่างได้เป็นอย่างดี และมีขั้นตอนค่อนข้างง่าย เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีอื่นๆ หลักการพื้นฐานที่การค้นหาแบบตาบู แตกต่างไปจากการค้นหาแบบธรรมดา ก็คือ มีการเพิ่ม *รายการตาบู* (Tabu list) และ *เกณฑ์ความปรารถนา* (aspiration criteria) ที่ทำให้การค้นหาคำตอบเสร็จสิ้นได้เร็วขึ้น สามารถแสดงขั้นตอนการดำเนินการได้ดังรูปที่ 1 เมื่อเริ่มดำเนินการทำการสุ่มคำตอบ s_0 จากสมาชิกของคำตอบที่เป็นไปได้ทั้งหมด คือ S (search space) หากไม่ใช้การสุ่มอาจกำหนดขึ้นเองก็ได้

ขั้นตอนที่ 1: เริ่มต้นจากคำตอบที่มีอยู่ กำหนดให้คำตอบที่มีอยู่เป็นคำตอบที่ดีที่สุด $s_{best} = s_0$

ขั้นตอนที่ 2: คำนวณหาค่าฟังก์ชันคุณค่า (cost function) ของ s_{best} นั่นคือ $c_{best} = f(s_{best})$ เมื่อ f คือ ฟังก์ชันเป้าหมาย (objective function) ซึ่งโดยปกติแล้วจะใช้ในการคำนวณเชิงตัวเลขว่าคำตอบที่มีอยู่เหมาะสมหรือไม่อย่างไร

ขั้นตอนที่ 3: ตรวจสอบรายการตาม เป็นรายการที่คอยเก็บบันทึกข้อมูลกระบวนการค้นหาในอดีต หลักการทั่วไปในการออกแบบรายการตาม จะขึ้นอยู่กับปัญหาแต่ละชนิด แตกต่างกันไป แต่หลักการที่ใช้ในบทความนี้ออกแบบให้รายการตามเก็บข้อมูลการดำเนินการค้นหาในอดีต เก็บเงื่อนไขของ ความถี่ (frequency) ของการดำเนินการในทิศทางใดๆ และเก็บเงื่อนไขของ ความคงอยู่ (recency) เป็นสิ่งที่บอกว่าทิศทางนั้นๆ ห้ามดำเนินการมานานเท่าใดแล้ว ซึ่งค่านี้จะนำไปรวมกับค่าฟังก์ชันคุณค่าเพื่อเป็นเงื่อนไขการหลุดออกจากคำตอบที่เหมาะสมที่สุดเฉพาะถิ่น

ขั้นตอนที่ 4: ดำเนินการค้นหาคำตอบเริ่มจาก s_0 ในบริเวณรอบๆ ของ s_0 โดยการกำหนดให้ บริเวณรอบๆ s_0 แทนด้วย $s_{neighbor}$ ขอบเขตจะขึ้นอยู่กับ การกำหนดของผู้ดำเนินการ และ $s_{neighbor}$ จะต้องไม่เป็นตามหมายถึงสามารถเป็นคำตอบได้

ขั้นตอนที่ 5: จาก $s_{neighbor}$ คำนวณหาค่าฟังก์ชันคุณค่าของสมาชิกแต่ละตัวของ $s_{neighbor}$ แล้วเลือกสมาชิกที่มีค่าฟังก์ชันคุณค่าที่ดีที่สุด โดยกำหนดให้เป็น $s_{neighbor_best}$ และค่าฟังก์ชันคุณค่าของแต่ละ $s_{neighbor}$ ต้องดีกว่าค่าฟังก์ชันคุณค่าของ s_0

ขั้นตอนที่ 6: ทำการย้ายตำแหน่ง โดยการกำหนดให้ $s_0 = s_{neighbor_best}$ แล้วปรับปรุงรายการตามให้เป็นปัจจุบัน และเพิ่มจำนวนครั้งในการค้นหาที่ผ่านมาแล้ว ถ้ายังไม่ได้คำตอบก็ทำซ้ำตั้งแต่ขั้นตอนที่ 1 ใหม่

ขั้นตอนที่ 7: เมื่อทำการค้นหาเท่ากับจำนวนครั้งที่กำหนด หรือได้ค่าความผิดพลาดน้อยกว่าที่กำหนด เป็นเงื่อนไขในการหยุดดำเนินการ ถ้าไม่มีสมาชิกใดๆ ของ $s_{neighbor}$ ที่ให้ค่าฟังก์ชันคุณค่าที่ดีกว่าค่าฟังก์ชันคุณค่าของ s_0 ก็กำหนดให้ s_0 เป็นคำตอบ

การค้นหาแบบตามจะเพิ่มเติมการดำเนินการใด อนุญาตให้ดำเนินการใดได้หรือไม่ได้ การดำเนินการใดที่ไม่อนุญาตเรียกว่า ตาม พร้อมทั้งมีหน่วยความจำในการค้นหา สิ่งนี้เป็นสิ่งสำคัญสำหรับวิธีการค้นหาแบบตาม ที่ทำให้การค้นหาที่มีลักษณะพิเศษที่สามารถหลุดจากคำตอบที่เป็นคำตอบที่เหมาะสมที่สุดเฉพาะถิ่นไป หากคำตอบที่ใกล้เคียงกับคำตอบที่เหมาะสมที่สุดทั่วไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วิธีการดำเนินการ

การแก้ปัญหาการจ่ายโหลดอย่างประหยัดเป็นปัญหาที่มีความซับซ้อน เพราะ

ว่ามีคำตอบที่เหมาะสมที่สุดเฉพาะถิ่นหลายค่า ยิ่งถ้าหากมีจำนวนเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามากขึ้น จะทำให้ระบบมีความซับซ้อนมากขึ้น การแก้ปัญหาการจ่ายโหลดอย่างประหยัดโดยวิธีที่นิยมแบบเก่าเช่น วิธีการคำนวณหาแลมด้า (λ) โดยการหาค่าแลมด้าจากอนุพันธ์ย่อยของสมการราคาเชื้อเพลิงเทียบกับกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเครื่องกำเนิดแต่ละเครื่อง ที่ทำให้ต้นทุนการผลิตต่ำที่สุดนั่นคือ การเท่ากันของแลมด้า (equal lamda)[8] วิธีกรนี้เหมาะกับกรณีที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีฟังก์ชันต้นทุนการผลิตอยู่ในลักษณะ ควอดราติกฟังก์ชัน แต่ในทางปฏิบัติฟังก์ชันต้นทุนการผลิตมีรูปแบบที่หลากหลาย จึงมีผู้วิจัยที่ใช้วิธีเจนเนติก[1] มาเพื่อแก้ปัญหา แต่การหาคำตอบเป็นไปไม่ได้ซ้ำ และไม่ได้คำตอบที่เหมาะสมที่สุดทั่วไป และใช้วิธี Excel Solver[2] แต่ไม่เหมาะกับปัญหาที่มีเครื่องกำเนิดจำนวนมาก ดังนั้น ในบทความนี้ได้นำเสนอ วิธีการแก้ปัญหาการจ่ายโหลดอย่างประหยัด โดยใช้วิธีการค้นหาแบบตาบู่ ซึ่งเป็นวิธีที่ง่ายและได้คำตอบที่ใกล้เคียงกับคำตอบที่เหมาะสมที่สุดทั่วไป ในบทความนี้ทดสอบการแก้ปัญหาการจ่ายโหลดอย่างประหยัด โดยใช้วิธีการค้นหาแบบตาบู่ ในกรณีศึกษา 3 กรณีคือ กรณีที่ 1 ระบบมีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานความร้อน 3 เครื่อง ไม่คิดกำลังสูญเสียในระบบการส่งจ่าย กรณีที่ 2 ใช้เครื่องกำเนิดแบบเดียวกับกรณีศึกษาที่ 1 แต่คิดกำลังสูญเสียในระบบการส่งจ่าย และ กรณีที่ 3 ระบบมีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานความร้อน 13 เครื่อง ไม่คิดกำลังสูญเสียในระบบการส่งจ่าย แต่พิจารณาฟังก์ชันราคาเชื้อเพลิงที่มีค่า valve points loading [10,11] โดยทั้งสามกรณีเปรียบเทียบกับวิธีเจนเนติก[1] และวิธี Excel Solver[2]

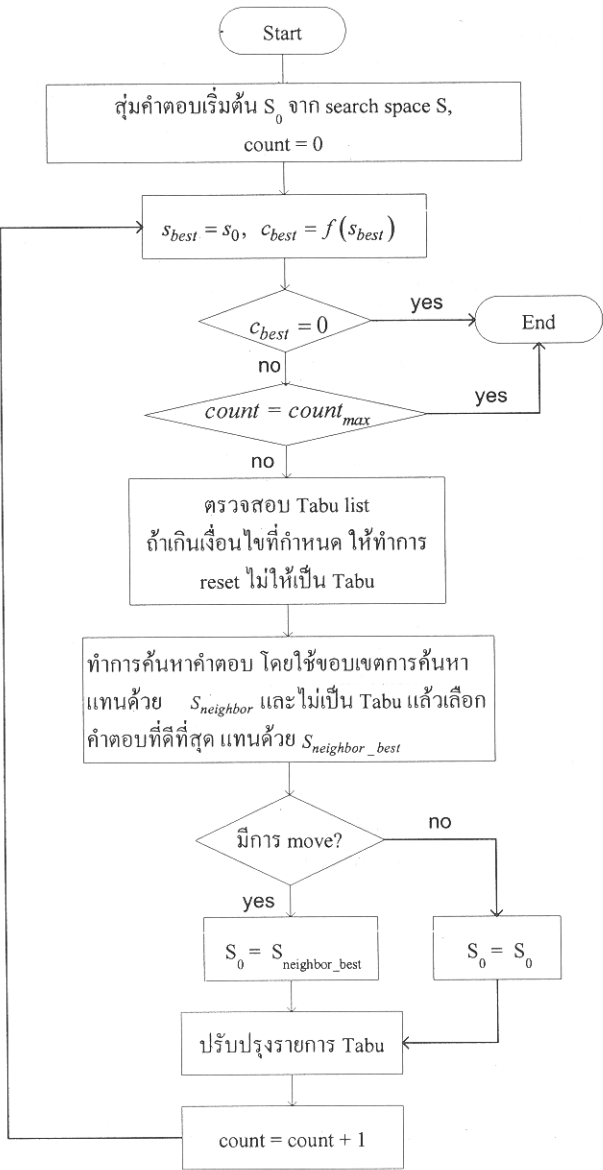
ผลการทดสอบ

กรณีที่ 1 มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานความร้อน 3 เครื่อง ระบบต้องการกำลังไฟฟ้า 850 MW ไม่คิดกำลังสูญเสียในระบบการส่งจ่าย เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละเครื่องมีรายละเอียดตามตารางที่ 1[1,2]

ตารางที่ 1

รายละเอียดของเครื่องกำเนิด กรณีศึกษาที่ 1

No. Generator	$P_{i,min}$ (MW)	$P_{i,max}$ (MW)	a_i	b_i	c_i
1	150	600	561	7.92	0.00156
2	100	400	310	7.85	0.00194
3	50	200	78	7.79	0.00482



รูปที่ 1 โครงสร้างการดำเนินการของการค้นหาแบบตาบ

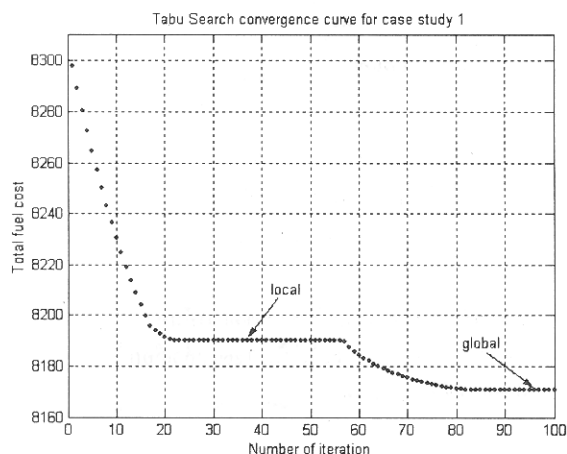
ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 2 โดยทำการเปรียบเทียบกับ วิธีเจนเนติก และวิธี Excel Solver จะเห็นได้ว่าค่าฟังก์ชันราคาค่าเฉลี่ยเพียงน้อยกว่าวิธีทั้งสอง และ

จากรูปที่ 2 แสดงการลู่เข้าสู่คำตอบของวิธีการค้นหาแบบตาบู่ ในกรณีศึกษาที่ 1 ซึ่งจะเห็นว่าลู่เข้าสู่คำตอบอย่างรวดเร็ว และสามารถหลุดจากคำตอบเฉพาะถิ่นได้

ตารางที่ 2

ผลการทดสอบกรณีศึกษาที่ 1

	Genetic	Excel Solver	Tabu Search
P_1 (MW)	393.115	373.35	384.528
P_2 (MW)	324.646	350.76	327.452
P_3 (MW)	122.239	125.88	138.02
P_T (MW)	850.000	850.00	850.00
$F_T(P_i)$	8,194.356	8,172.742	8,170.78



รูปที่ 2 การลู่เข้าสู่คำตอบที่เป็นคำตอบของกรณีศึกษาที่ 1

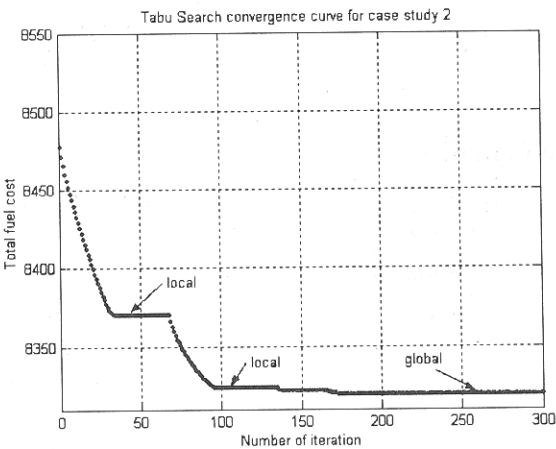
กรณีที่ 2 ใช้ข้อมูลเดียวกันกับกรณีศึกษาที่ 1 แต่คิดกำลังสูญเสียในการส่งจ่าย โดยค่ากำลังสูญเสียเป็นไปตามสมการ (5)[1,2]

$$P_L = 0.00003P_1^2 + 0.00009P_2^2 + 0.00012P_3^2 \quad (5)$$

เมื่อ P_1 P_2 และ P_3 คือ กำลังไฟฟ้าที่ผลิตจากเครื่องกำเนิดเครื่องที่ 1 2 และ 3 ตามลำดับ ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 3 และจากรูปที่ 3 แสดงการลู่เข้าสู่คำตอบของวิธีการค้นหาแบบตาบู่ในกรณีศึกษาที่ 2

ตารางที่ 3
ผลการทดสอบกรณีศึกษาที่ 2

	Genetic	Excel Solver	Tabu Search
P_1 (MW)	435.332	433.10	432.912
P_2 (MW)	299.854	300.92	302.949
P_3 (MW)	130.640	131.84	129.407
P_T (MW)	865.826	865.86	865.268
$F_T(P_i)$	8,344.593	8,320.693	8,319.748



รูปที่ 3 การลู่เข้าสู่คำตอบที่เป็นคำตอบของกรณีศึกษาที่ 2

กรณีที่ 3 มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานความร้อน 13 เครื่อง ระบบต้องการกำลังไฟฟ้า 2,520 MW ไม่คิดค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียในการส่งจ่าย แต่พิจารณาค่า valve point loading ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละเครื่อง ทำให้สมการของฟังก์ชันราคาเชื้อเพลิงเป็นตามสมการที่ (6) รายละเอียดของเครื่องกำเนิดแต่ละเครื่องแสดงในตารางที่ 4[1,2] และผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 5

$$F_i(P_i)=a_i+b_iP_i+c_iP_i^2+\left|e_i\sin\left[f_i\left(P_{i,\min}-P_i\right)\right]\right| \tag{6}$$

ตารางที่ 4

รายละเอียดของเครื่องกำเนิดแต่ละตัว สำหรับกรณีปัญหาที่ 3

No. Generator	$P_{i,min}$ (MW)	$P_{i,max}$ (MW)	a_i	b_i	c_i	e_i	f_i
1	0	680	550	8.10	0.00028	300	0.035
2	0	360	309	8.10	0.00056	200	0.042
3	0	360	307	8.10	0.00056	200	0.042
4-9	60	200	240	7.74	0.00324	150	0.063
10-11	40	120	126	8.60	0.00284	100	0.084
12-13	55	120	126	8.60	0.00284	100	0.084

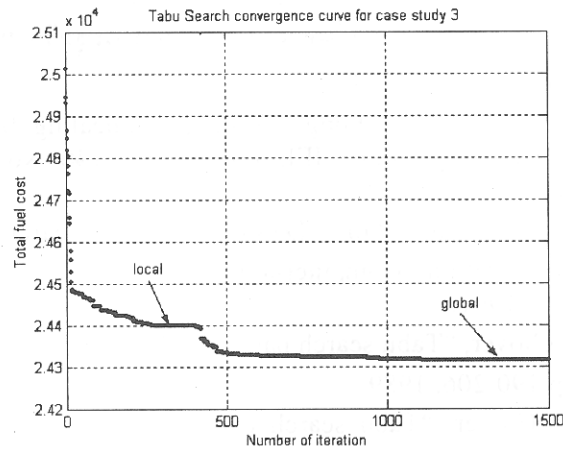
ตารางที่ 5

ผลการทดสอบกรณีปัญหาที่ 3

	Genetic	Excel Solver	Tabu Search
P_1 (MW)	679.668	652.095	628.317
P_2 (MW)	359.648	353.054	299.206
P_3 (MW)	359.824	353.406	331.991
P_4 (MW)	157.252	142.264	159.733
P_5 (MW)	157.733	163.405	159.711
P_6 (MW)	147.748	142.171	159.744
P_7 (MW)	151.168	122.585	159.739
P_8 (MW)	148.295	180.258	159.742
P_9 (MW)	164.299	139.774	159.700
P_{10} (MW)	40.508	92.138	40.009
P_{11} (MW)	41.602	57.759	77.720
P_{12} (MW)	56.080	55.459	92.348
P_{13} (MW)	56.175	65.627	92.335
P_T (MW)	2,520	2,520	2,520
$F_T(P_i)$	24,379.782	25,586.111	24,314.755

ผลการทดสอบกรณีศึกษาทั้งสามกรณี ดังแสดงในตารางที่ 2 3 และ 5 เมื่อเปรียบเทียบกับ วิธีเจเนติก และวิธี Excel Solver จะเห็นได้ว่า วิธีการค้นหาแบบตามได้คำตอบราคาค่าเชื้อเพลิงต่ำกว่าวิธีทั้งสอง และจากรูปที่ 2 3 และ 4 แสดงการลู่เข้าสู่คำตอบของวิธีการค้นหาแบบตาม ซึ่งลู่เข้าสู่คำตอบอย่างรวดเร็ว และที่สำคัญสามารถ หลุด

จากคำตอบที่เหมาะสมที่สุดเฉพาะถิ่น ไปสู่คำตอบที่เหมาะสมที่สุดทั่วไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งจะเห็นได้ว่า ยิ่งปัญหามีความซับซ้อนมากขึ้นเท่าใด จำนวนรอบในการค้นหาคำตอบก็จะใช้มากขึ้นด้วย



รูปที่ 4 การเข้าสู่คำตอบที่เป็นคำตอบของกรณีศึกษาที่ 3

สรุป

การประยุกต์ใช้วิธีการค้นหาแบบตาบู่ ซึ่งเป็นวิธีการค้นหาค่าที่เหมาะสมที่สุด วิธีหนึ่งที่ได้การยอมรับแล้วว่ามีประสิทธิภาพสูงในการหาค่าตอบเฉพาะถิ่น ไปสู่คำตอบทั่วไปได้ และมีอัตราการเข้าสู่คำตอบได้เร็ว มาใช้ในการแก้ปัญหาการจ่ายโหลดอย่างประหยัด จะเห็นได้ว่าเป็นวิธีที่ได้คำตอบที่ดีกว่าวิธีอื่นที่เป็นวิธีการค้นหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด วิธีอื่น เช่น วิธี simulated annealing วิธีเจเนติก และวิธี Excel Solver และมีอัตราการเข้าสู่คำตอบที่เร็วกว่า และสามารถใช้ได้กับปัญหาที่มีความซับซ้อนไม่มากนัก จนถึงปัญหาที่มีความซับซ้อนมากอีกทั้งเป็นวิธีที่ไม่ยุ่งยากมากนัก

เอกสารอ้างอิง

- [1] ธวัช เกิดชื่น ธนชาติ นุ่มนนท์ และกิตติพงษ์ ตันมิตร “การแก้ปัญหาการจ่ายโหลดอย่างประหยัดโดยวิธีเจเนติก” การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 20, 2540.

- [2] วรวัฒน์ เสงี่ยมวิบูล “การแก้ปัญหาการจ่ายโหลดอย่างประหยัดโดยใช้ Excel Solver” วิศวกรรมสาร ม.ช. ปีที่ 28, ฉบับที่ 2-3, หน้า 137-144, เม.ย.-กย., 2544.
- [3] ศราวุธ โพธิยา “การระบุเอกลักษณ์ระบบสองมวลเฉื่อยที่ปรากฏรีโซแนนซ์การบิดด้วยการค้นหาแบบตาบู่” การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 24, 2544.
- [4] K.P.Wang, C.C. Fung. "Simulate annealing base economic dispatch algorithm" IEE. Proc.C., Vol.140, No.6., p.507-513, November 1993.
- [5] A.Bland and G.P. Dawson, "Tabu search and design optimization" Computer-aided design. Vol.23, No.3, pp.195-201, 1991.
- [6] F. Glover, "Tabu search part I", *ORSA J. Comput.*, Vol.1 No.3, pp.190-206, 1989.
- [7] F. Glover, "Tabu search part II", *ORSA J. Comput.*, Vol.2 No.1, pp.4-32, 1990.
- [8] A.J Wood, and B.F. Wollenberg, "Power generation operation and control", John Wiley and Sons, New York, 1984
- [9] X. S. Han, H.B. gooi, and Danel S. Kirschen "Dynamic Economic Dispatch: Feasible and Optimal Solutions", IEEE Trans. On Power system, Vol. 16, NO. 1, February 2001.
- [10] K.P. Wong, and K. Doan. "A Recursive Economic Dispatch Algorithm for Assessing the Costs of Thermal Generator Schedules" IEEE Trans. PWRS-7, NO. 2, 1995
- [11] Gerald B. Sheble and Kristin Britting "Refine Genetic Algorithm-Economic Dispatch Problem" IEEE Trans. On Power system, Vol. 10, NO.1, February, 1994.

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ รศ.ดร.สราวุธ สุจิตจร และ ดร.อาทิตย์ ศรีแก้ว ตลอดจนสาขาวิศวกรรมไฟฟ้าสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และขอขอบคุณ ร.ศ. จงรักษ์ บุญเสียง ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่ให้ความรู้, คำแนะนำและสนับสนุนในการเขียนบทความวิจัยนี้