

## การกำหนดขนาดและตำแหน่งติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กโดยวิธีการเคลื่อนที่ของกลุ่มอนุภาค

### Sizing and Location of Distributed Generation by using Particle Swarm Optimization

คณิศ ทองระวัช และ กฤษณ์ชนม์ ภูมิภักดีพิชญ์

ศูนย์วิจัยระบบไฟฟ้ากำลังและพลังงาน ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี  
จ.รังสิต-นครนายก ต.รังสิต อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110 โทรศัพท์ : 02-549-3571 E-mail: dan\_tao@hotmail.com

#### บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอถึงการหาขนาดและตำแหน่งติดตั้งที่เหมาะสมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กในระบบจำหน่าย 22 kV อ.เขาคิชฌกูฏ จ.จันทบุรี โดยใช้วิธีการเคลื่อนที่ของกลุ่มอนุภาคที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งได้ทดสอบกับระบบไฟฟ้ามาตรฐาน 33 บัส ของ IEEE และระบบจำหน่าย 22 kV อ.เขาคิชฌกูฏ จ.จันทบุรี จากการทดสอบพบว่าวิธีการเคลื่อนที่ของกลุ่มอนุภาคที่เหมาะสมที่สุดสามารถหาขนาด และตำแหน่งติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก ซึ่งทำให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียจริงในระบบมีค่าที่ต่ำที่สุด

คำสำคัญ: เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก, วิธีการเคลื่อนที่ของกลุ่มอนุภาค

#### Abstract

This paper presents the sizing and location of distributed generation by using particle swarm optimization at 22 kV Chanthaburi province's power distribution system. The comparison with IEEE 33 buses case study is used for ensuring the proposed algorithm. The simulation results show that voltage amplitude and power loss of the system can improve by using distribution generation.

Keywords: distribution generation, particle swarm optimization

#### 1. คำนำ

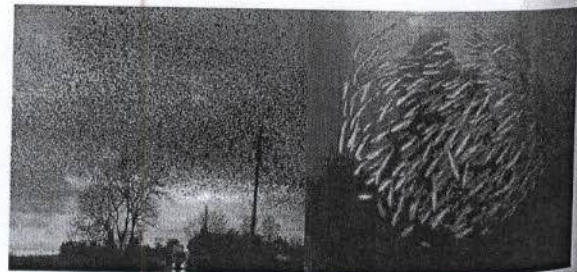
กำลังสูญเสียในระบบจำหน่ายนั้น สาเหตุหนึ่งเกิดจากการใช้กำลังของอุปกรณ์ไฟฟ้า ซึ่งส่วนใหญ่มีความต้องการกำลังไฟฟ้าสองส่วนด้วยกัน ส่วนที่หนึ่งคือกำลังไฟฟ้าที่ทำให้เกิดงานจริง คือกำลังไฟฟ้าจริง (Real Power) อีกส่วนหนึ่งคือกำลังไฟฟ้าที่ไม่ก่อให้เกิดงานแต่ใช้สำหรับสร้างสนามแม่เหล็กให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าซึ่งเรียกว่า กำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ (Reactive Power) ซึ่งกำลังไฟฟ้าทั้งสองนี้จะทำให้เกิดค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (Power Factor) ในระบบจำหน่าย ซึ่งค่าตัวประกอบกำลังนี้หากมีค่าต่ำก็จะทำให้เกิดปัญหาในระบบจำหน่ายไฟฟ้าได้ เช่น เกิดการสูญเสียในระบบจำหน่าย แรงดันไฟฟ้าตก ระบบสามารถจ่ายโหลดได้น้อยลง ซึ่งการแก้ปัญหาการสูญเสียในระบบนั้นสามารถทำได้โดยการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กกับระบบจำหน่าย ซึ่งนอกจากจะช่วยลด

การสูญเสียของกำลังไฟฟ้าในระบบจำหน่ายแล้วยังสามารถปรับปรุงแรงดันไฟฟ้าในระบบได้อีกด้วย

โดยในบทความนี้จะนำเสนอถึงการหาขนาดและตำแหน่งติดตั้งที่เหมาะสมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก โดยใช้วิธีการเคลื่อนที่ของกลุ่มอนุภาคที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งสามารถช่วยในการหาคำตอบได้อย่างรวดเร็ว

#### 2. วิธีการเคลื่อนที่ของกลุ่มอนุภาคที่เหมาะสมที่สุด

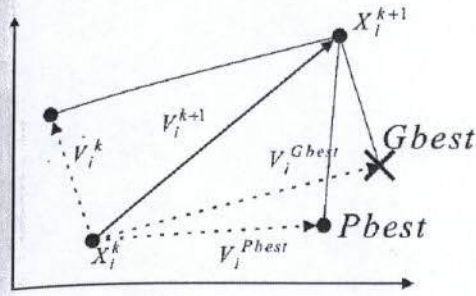
วิธีการการเคลื่อนที่ของกลุ่มอนุภาคที่เหมาะสมที่สุด (Particle Swarm Optimization, PSO) เป็นการค้นหาคำตอบที่มีพื้นฐานเลียนแบบพฤติกรรมทางสังคมและพลศาสตร์การเคลื่อนไหวของฝูงแมลง นกหรือปลา ซึ่งถูกนำเสนอโดย Kennedy and Eberhart เหมาะสำหรับปัญหาที่ตัวแปรที่มีค่าต่อเนื่องซึ่งประสบความสำเร็จในการนำไปใช้หาคำตอบของปัญหาที่หลากหลาย โดยมีข้อดีหลายประการ เช่น ใช้พารามิเตอร์ของอัลกอริธึมน้อย สามารถค้นหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดได้อย่างมีประสิทธิภาพมาก เป็นต้น ซึ่งคำตอบที่เหมาะสมที่สุด จะถูกค้นหอย่างเป็นขั้นเป็นตอน โดยอาศัยหลักการเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งของอนุภาค (particle) ตามเวลา ภายในสเปซของการค้นหา (search space) ซึ่งการเคลื่อนที่ของแต่ละอนุภาคจะขึ้นกับประสบการณ์ของมันเอง ซึ่งเรียกค่านีว่า Pbest และตามประสบการณ์ของอนุภาคที่อยู่ข้างเคียง เรียกค่านีว่า Gbest โดยความเร็วในการเปลี่ยนตำแหน่งของกลุ่มอนุภาคสามารถหาได้จากสมการที่ 1 และสมการที่ 2 แสดงถึงตำแหน่งใหม่ของอนุภาคหลังเปลี่ยนตำแหน่งแล้ว [1-4]



รูปที่ 1 ฝูงนกและฝูงปลา

3. การ

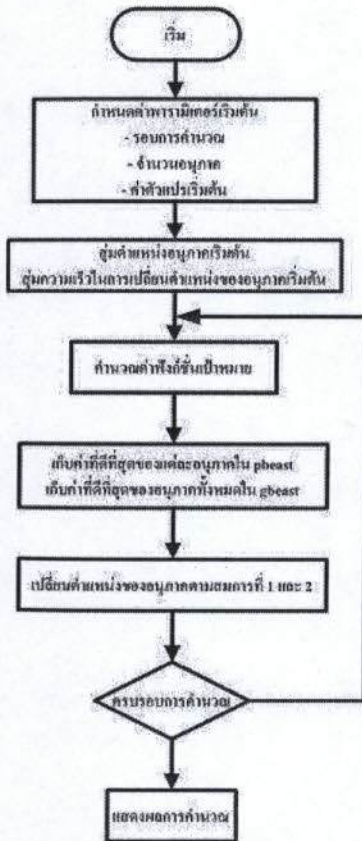
กำเนิดไฟ  
ฟ้าหมา



รูปที่ 2 แนวคิดเบื้องต้นในการเคลื่อนที่ของกลุ่มอนุภาค

$$v_{id}^{t+1} = w \times v_{id}^t + rand_1 \times c_1 \times (pbest_{id} - x_{id}^t) + rand_2 \times c_2 \times (gbest_{id} - x_{id}^t) \quad (1)$$

$$x_{id}^{t+1} = x_{id}^t + v_{id}^{t+1} \quad (2)$$



รูปที่ 3 ขั้นตอนการคำนวณโดยวิธีกลุ่มอนุภาค

### 3. การกำหนดขนาดและตำแหน่งติดตั้ง

ในการหาขนาดและตำแหน่งติดตั้งที่เหมาะสมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก (Distribution Generator: DG) นั้น จะใช้สมการเป้าหมาย คือ ค่าตอบของสมการหลักจะมุ่งเน้นไปที่การลดกำลังไฟฟ้า

สูญเสียจริงในระบบไฟฟ้า ดังสมการที่ 3 และจะพิจารณาข้อจำกัดของระบบจำหน่ายไฟฟ้าดังสมการที่ 4, 5 และ 6 [5]

สามารถหาค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียจริงต่ำสุดได้ดังนี้

$$P_L = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n A_j (P_i P_j + Q_i Q_j) + B_j (P_i P_j + Q_i Q_j) \quad (3)$$

โดยที่ค่ากำลังไฟฟ้าในระบบจำหน่ายเป็นไปตามข้อจำกัดของการสมดุลกำลังไฟฟ้า

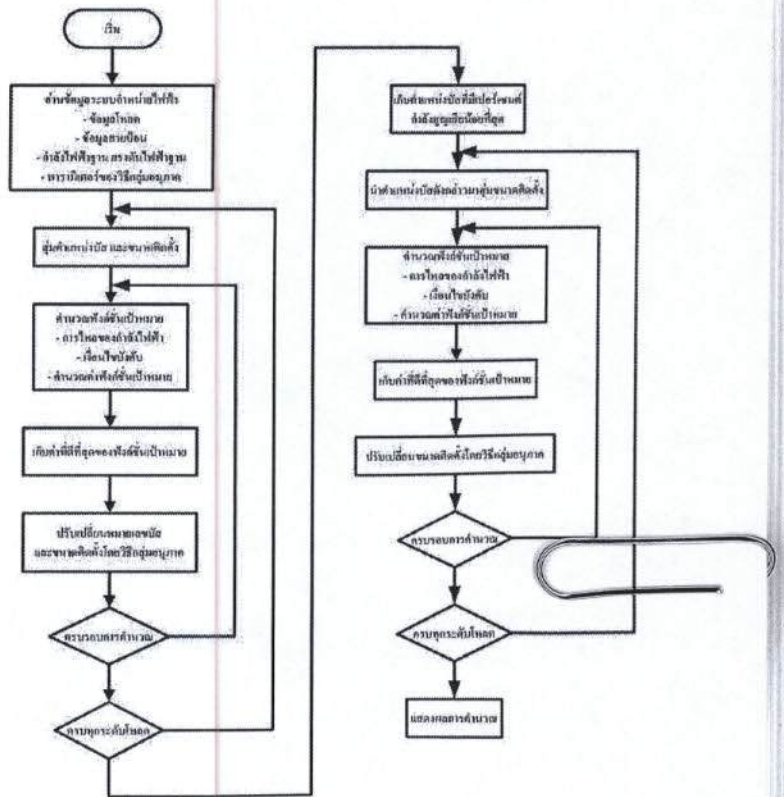
$$\sum_{i=1}^n P_{DGi} = \sum_{i=1}^n P_{Di} + P_L \quad (4)$$

และเป็นไปตามข้อจำกัดของกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้า

$$|V_i|^{\min} \leq |V_i| \leq |V_i|^{\max} \quad (5)$$

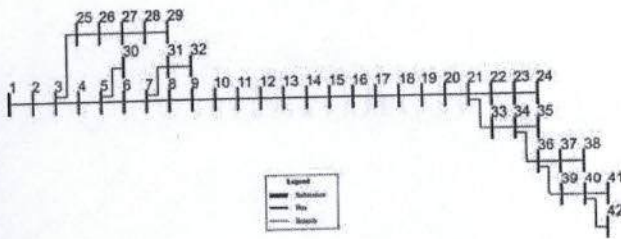
$$|I_j| \leq |I_j|^{\max} \quad (6)$$

จากนั้นดำเนินการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าในระบบจำหน่ายเพื่อนำข้อมูลของระบบจำหน่ายมาคำนวณหาขนาดและตำแหน่งติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กโดยวิธีกลุ่มอนุภาค ซึ่งมีขั้นตอนดังรูปที่ 4



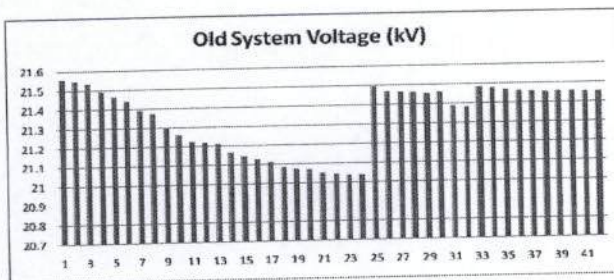
รูปที่ 4 การหาขนาดและตำแหน่งติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก

#### 4. ผลการทดสอบระบบ



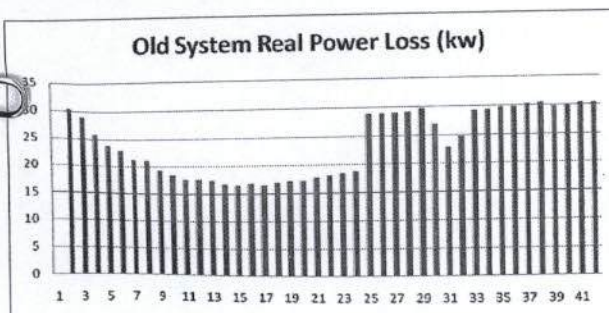
รูปที่ 5 ระบบจำหน่าย 42 BUS อ.เขาคิชฌกูฏ จ.จันทบุรี

ข้อมูลของระบบจำหน่าย 42 บัส [6] ระบบจำหน่ายไฟฟ้าแรงสูง 22 kV อ.เขาคิชฌกูฏ จ.จันทบุรีนั้นอยู่ในความดูแลของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคจังหวัดจันทบุรี มีลักษณะของระบบจำหน่ายเป็นแบบเรเดียล คั่นทางอยู่ที่สถานีไฟฟ้าจังหวัดจันทบุรี ปลายทางอยู่ที่ ต. จันทเขลม อ.เขาคิชฌกูฏ จ.จันทบุรี ความยาวของสายส่งประมาณ 30 km สามารถแบ่งออกเป็น 42 บัสด้วยกัน เมื่อวิเคราะห์การไหลของกำลังไฟฟ้าแล้วพบว่าค่าแรงดันเฉลี่ยของระบบจำหน่ายมีค่าเท่ากับ 21.34 kV กำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบเท่ากับ 31.91 kW และ 22.53 kVar ตามลำดับ

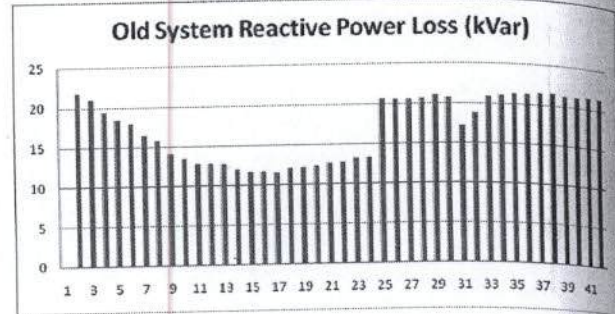


รูปที่ 6 แรงดันไฟฟ้าในแต่ละบัสก่อนติดตั้ง DG

จากรูปที่ 6 จะเห็นว่า แรงดันไฟฟ้าในบัสที่ 24 ซึ่งเป็นบัสปลายทางของระบบจำหน่าย จะมีแรงดันไฟฟ้าต่ำที่สุดในระบบจำหน่าย ซึ่งแรงดันไฟฟ้าลดลงเหลือเพียง 21.04 kV เท่านั้น

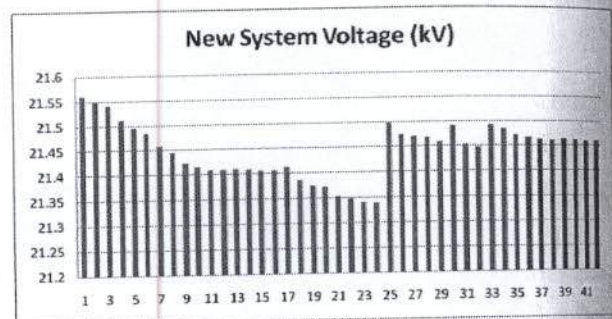


รูปที่ 7 กำลังไฟฟ้าจริงสูญเสียก่อนติดตั้ง DG



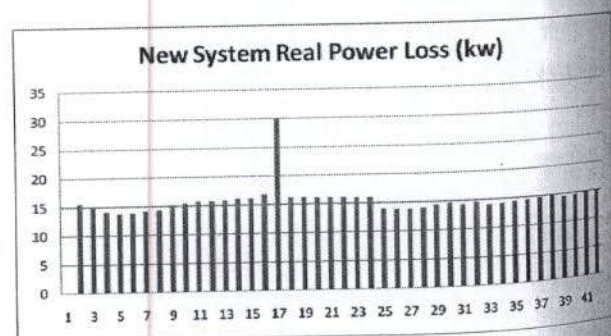
รูปที่ 8 กำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟสูญเสียก่อนติดตั้ง DG

รูปที่ 7 และ 8 แสดงถึงกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่บัสต่างๆ ซึ่งสัมพันธ์กับระดับแรงดันไฟฟ้าที่บัสต่างๆ ด้วย

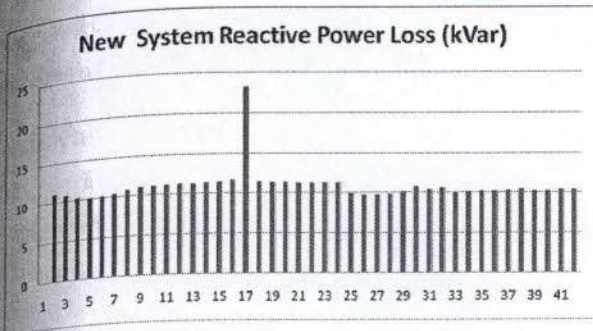


รูปที่ 9 แรงดันไฟฟ้าที่บัสต่างๆหลังติดตั้ง DG

จากรูปที่ 9 จะเห็นได้ว่าหลังจากทำการปรับปรุงเสถียรภาพของระบบจำหน่ายโดยการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กในตำแหน่งบัสที่ 17 แล้ว แรงดันเฉลี่ยทั้งระบบมีระดับแรงดันสูงขึ้นอยู่ที่ 21.445 kV



รูปที่ 10 กำลังไฟฟ้าจริงสูญเสียหลังติดตั้ง DG



รูปที่ 11 กำลังไฟฟ้ที่แอกทีฟสูญเสียหลังติดตั้ง DG

จากรูปที่ 10 และ 11 จะเห็นได้ว่า หลังจากการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กเข้าในระบบจำหน่ายแล้ว กำลังไฟฟ้าสูญเสียในบัสต่างๆจะลดลงอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กสามารถช่วยลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบจำหน่ายได้ทั้งกำลังไฟฟ้าจริง และกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ

ตารางที่ 1 ตำแหน่งติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก

| BUS | PDG<br>(Mw) | Ploss<br>(kw) | Qloss<br>(kVar) | Volt<br>(kV) |
|-----|-------------|---------------|-----------------|--------------|
| 17  | 1.0383      | 16.4177       | 11.5289         | 21.445       |
| 15  | 1.1315      | 16.4782       | 11.7067         | 21.1446      |
| 14  | 1.16        | 16.7337       | 12.0645         | 21.1638      |
| 16  | 0.9033      | 16.7875       | 11.6753         | 21.1274      |
| 18  | 0.9748      | 16.9053       | 12.0675         | 21.0846      |

ตารางที่ 1 แสดงให้เห็นถึงขนาดและตำแหน่งในการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ดีที่สุดของระบบจำหน่าย 22 kV อ.เขาคิชฌกูฏ จ. จันทบุรี ซึ่งจะเห็นว่า บัสที่ 17 สามารถลดกำลังงานสูญเสียในระบบได้มากที่สุด เหลือเพียง 16.4177 kw เท่านั้น

## 5. สรุป

บทความนี้ได้นำเสนอถึงการหาขนาดและตำแหน่งติดตั้งที่เหมาะสมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก เพื่อเชื่อมต่อเข้ากับระบบจำหน่ายเพื่อช่วยลดการสูญเสียของกำลังไฟฟ้าในระบบ โดยใช้วิธีการเคลื่อนที่ของกลุ่มอนุภาค โดยใช้ระบบไฟฟ้ามาตรฐาน 33 บัส ของ IEEE และ ระบบจำหน่ายไฟฟ้า 22 kV อ.เขาคิชฌกูฏ จ. จันทบุรี โดยวิธีดังกล่าวสามารถหาขนาดและตำแหน่งติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กในระบบจำหน่ายได้อย่างเหมาะสม ซึ่งทำให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบมีค่าลดลง นอกจากนี้ยังช่วยปรับปรุงแรงดันในระบบอีกด้วย

## เอกสารอ้างอิง

- [1] A.Lakshmi Devi, B.Subramanyam "Optimal DG Unit placement For Loss Reduction in Radial Distribution System-A Case Study" ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, VOL 2, NO 6, December 2007
- [2] G. W. Chang, S. Y. Chu and H. L. Wang "An Improved Backward/Forward Sweep Load Flow Algorithm for Radial Distribution Systems" IEEE Transaction on Power System, VOL. 22, May 2007
- [3] M. Chakravorty, D. Das "Voltage stability analysis of radial distribution networks" Electrical Power and Energy System 23, 2001, Page(s):129-135
- [4] Pukar Mahat, Weerakron Ongsakul and Nadarajah Mithulananthan "Optimal Placement of Wind Turbine DG in Primary Distribution System for Real Loss Reduction" Energy for Sustainable, 2010
- [5] Wichit Krueasuk, Werakon Ongsakul "Optimal Placement of Distributed Generation Using Particle Swarm Optimization" Proceeding of the Australasian, 2006
- [6] ดนัย ทองวัช, กฤษณ์ชนม์ ภูมิภคพิชญ์ "การปรับปรุงเสถียรภาพแรงดันไฟฟ้าในระบบจำหน่าย 22 kV อ.เขาคิชฌกูฏ จ.จันทบุรี" การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 3 , 24-26 พฤศจิกายน 2553