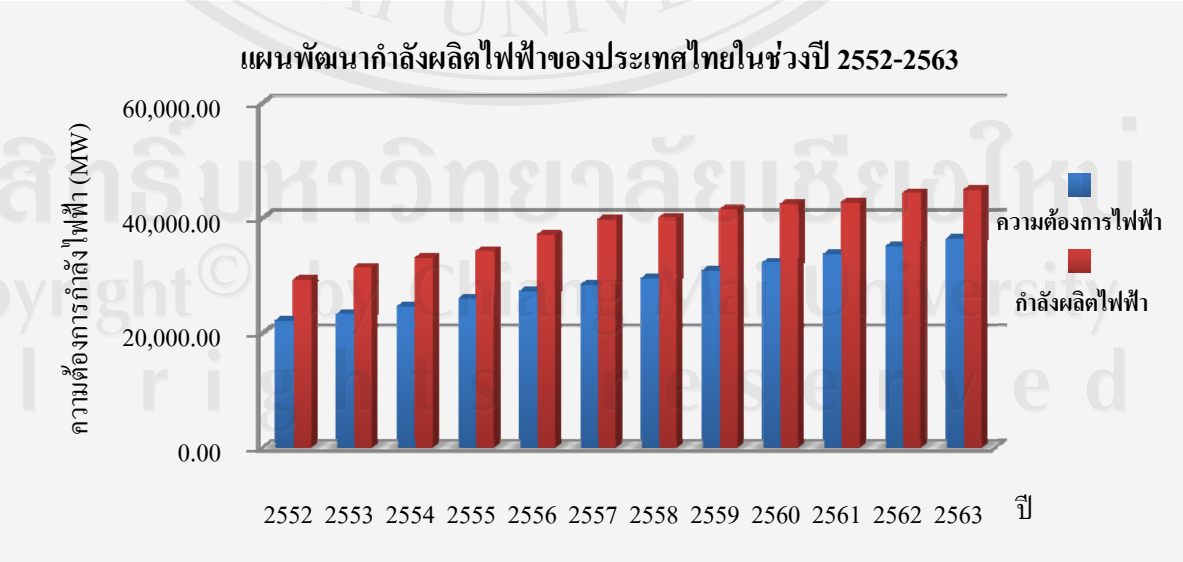
# บทที่ 1

# บทนำ

## 1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันประเทศไทยมีระบบผลิตไฟฟ้าที่สามารถผลิตและส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าไปยังโหลดผู้ใช้ไฟฟ้า ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นโรงงานอุตสาหกรรมและเมืองขนาดใหญ่ได้อย่างเพียงพอต่อความต้องการ ทำให้ประเทศสามารถพัฒนาไปได้อย่างรวดเร็ว ในปี พ.ศ.2552 (สิ้นสุดธันวาคม 2552) ความต้องการการผลิตไฟฟ้าสูงสุดของประเทศ เกิดขึ้นเมื่อวันที่ 24 เมษายน พ.ศ.2552 มีค่าเท่ากับ 22,315.4 เมกะวัตต์ ซึ่งสูงกว่าปี พ.ศ.2551 จำนวน 78.4 เมกะวัตต์ หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.35 โดยกำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศเมื่อสิ้นสุดเดือนธันวาคม 2552 มีจำนวนรวมทั้งสิ้น 29,212 เมกะวัตต์ รายละเอียดแสดงได้ดังภาพที่ 1.1 [1] จากข้อมูลแผนพัฒนากำลังการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทยในช่วงปี 2553-2563 จะเห็นได้ว่ามีกำลังไฟฟ้ารวมที่ผลิตเพิ่มขึ้น 21,564 เมกะวัตต์ จากแนวโน้มความต้องการพลังงานไฟฟ้าที่สูงขึ้นแสดงให้เห็นว่า ประเทศไทยจะต้องสร้างโรงไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเพื่อตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้ไฟฟ้า แต่ในพื้นที่ห่างไกลที่ระบบผลิตไฟฟ้าไม่สามารถตอบสนองต่อความต้องการทั้งในเรื่องของ พื้นที่ที่ใช้ในการสร้างโรงไฟฟ้าและระบบส่ง




ภาพ 1.1 แนวโน้มการเพิ่มขึ้นของความต้องการกำลังไฟฟ้าของประเทศในช่วงปี 2553-2563

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 1.1 กำลังผลิตที่เพิ่มขึ้นในแผนการพัฒนาพลังงานหมุนเวียนระยะต่างๆ (เมกะวัตต์)

| พลังงานหมุนเวียน | ระยะสั้น 2552-2555 | ระยะกลาง 2556–2560 | ระยะยาว 2561-2565 | รวมทั้งสิ้น |
|---|---|---|---|---|
| พลังน้ำขนาดเล็ก | 48.7 | 86.0 | 59.0 | 193.7 |
| พลังงานกังหันลม | 20.5 | 19.0 | 89.0 | 128.5 |
| พลังงานแสงอาทิตย์ | 1.0 | 0.5 | 0.5 | 2.0 |
| พลังงานขยะ | - | 7.5 | 7.5 | 15.0 |
| รวมทั้งสิ้น | 70.2 | 113.0 | 156.0 | 339.2 |

จ่ายไฟฟ้ากำลัง ทำให้มีการติดตั้งหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว (Distributed Generation: DG)เข้าไปยังจุดเชื่อมต่อของระบบจำหน่ายไฟฟ้า [2] และพลังงานส่วนใหญ่ที่นำมาใช้จะเป็นพลังงานทดแทน เช่น พลังงานจากแสงอาทิตย์ และพลังงานจากลม เป็นต้น [3]-[4] ซึ่งในประเทศไทยได้มีการส่งเสริมการใช้หน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว ในรูปแบบของพลังงานหมุนเวียน โดยจัดทำในรูปแบบของแผนพัฒนาพลังงานหมุนเวียนที่เหมาะสมทั้งสิ้น 4 ประเภท ได้แก่ พลังงานกังหันลม พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานน้ำขนาดเล็กท้ายเขื่อนชลประทาน และพลังงานขยะ ซึ่งได้จัดทำแผนเบื้องต้นแบ่งออกเป็นสามช่วง คือ ระยะสั้นปี 2552-2555 ระยะกลาง ปี 2556-2560 และระยะยาว ปี 2561-2565 แสดงในตารางที่ 1.1 หน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวจึงมีประโยชน์อย่างมากต่อผู้ใช้ไฟฟ้า เช่น ลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียทั้งในสายส่ง และสายจำหน่าย สามารถติดตั้งใกล้กับจุดศูนย์กลางโหลด เป็นต้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ที่ระบบผลิตไฟฟ้าขนาดใหญ่ไม่สามารถสร้างได้ หรือสถานที่ที่ไม่สามารถติดตั้งระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าได้ซึ่งถือเป็นข้อได้เปรียบเมื่อเทียบกับโรงไฟฟ้าขนาดใหญ่ [5] เพราะการที่จะเพิ่มกำลังการผลิตโดยการก่อสร้างโรงไฟฟ้าเพิ่มขึ้นภายในประเทศนั้น มีปัญหาและข้อจำกัดอยู่หลายประการ [6] ได้แก่

(1) เงินทุน ที่ผู้ผลิตควรจะพิจารณาถึงความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์

(2) เชื้อเพลิง ที่ปรับตัวสูงขึ้น จะส่งผลกระทบต่อต้นทุนและผู้ใช้ไฟฟ้าภายในระบบ

(3) ที่ดิน ในเรื่องการต่อต้านการสร้างโรงไฟฟ้าและการเปลี่ยนแปลงลักษณะภูมิประเทศ

(4) มลพิษ ที่เกิดขึ้นจากโรงไฟฟ้า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากปัญหาเรื่องของการก่อสร้างโรงไฟฟ้าเพิ่มขึ้น ทำให้ต้องมีการนำเทคโนโลยีสมัยใหม่ คือ หน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว [7] ที่จะเข้ามาช่วยแก้ปัญหาในเรื่องของการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตและส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าในระบบจำหน่ายไฟฟ้า โดยจะใช้เงินลงทุนที่น้อยกว่าการสร้างโรงไฟฟ้าขนาดใหญ่เพิ่มขึ้นในระบบ ลดปัญหาการใช้พื้นที่จำนวนมาก ซึ่งจะเป็นการส่งผลกระทบที่น้อยที่สุดต่อบริเวณชุมชนที่อยู่ใกล้เคียง และเป็นการลดการทำลายลักษณะภูมิประเทศเดิมโดยรอบ [8]-[9]

หน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว หมายถึง เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กที่สามารถเชื่อมต่อได้ทั้งในระบบจำหน่ายไฟฟ้าและโหลดผู้ใช้ไฟฟ้าโดยตรง เพื่อเพิ่มกำลังผลิตภายในระบบ [10]-[11] โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มกำลังการผลิตให้เพียงพอต่อความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้า และลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียทั้งในระบบส่งจ่ายและระบบจำหน่ายไฟฟ้า ประเภทและเทคโนโลยีของหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวสามารถจำแนกออกเป็นสามประเภท คือ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบซิงโครนัส (Synchronous generator) เช่น กังหันก๊าซ (Gas turbine) เป็นต้น ประเภทที่สอง คือ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous generator) เช่น พลังงานน้ำ (Hydro plant) และพลังงานกังหันลม (Wind turbine) เป็นต้น ประเภทสุดท้าย คือ อุปกรณ์แปลงกำลังไฟฟ้า (Power electronics converter) เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ (Photovoltaic) เป็นต้น [12]

ถึงแม้หน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวจะเข้ามามีบทบาทในการช่วยให้ระบบสามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าและลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบจำหน่ายไฟฟ้า [13]-[14] แต่ในการติดตั้งหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่ตำแหน่ง และขนาดไม่เหมาะสม จะส่งผลกระทบต่อระบบไฟฟ้าได้ เช่น การควบคุมระดับแรงดันไฟฟ้า คุณภาพไฟฟ้า ระดับกระแสลัดวงจรและอุปกรณ์ป้องกันในระบบไฟฟ้า และความเชื่อถือได้ของระบบ เป็นต้น ดังนั้น ในการเลือกและการจัดสรรหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวให้เหมาะสมที่สุด [7], [15]-[16] ต้องพิจารณาทั้งทางด้านเทคนิคและเศรษฐศาสตร์ควบคู่กัน ในการเลือกใช้หน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวในระบบจำหน่ายไฟฟ้าทางด้านเทคนิคจะพิจารณาในส่วนสำคัญ ได้แก่

(1) ชนิด ของหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว ที่จะนำเข้ามาเชื่อมต่อกับระบบ

(2) จำนวน ของหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่เหมาะสม

(3) ตำแหน่ง ที่ตั้งของหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว

(4) ขนาด ของหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(5) ผลกระทบ ของหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว ภายหลังทำการเชื่อมต่อเข้าไปในระบบ

นอกจากนี้ ในการเลือกใช้หน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวในระบบจำหน่ายไฟฟ้าทางด้านเศรษฐศาสตร์จะต้องพิจารณาในสองส่วนที่สำคัญ คือ

(1) เงินลงทุน ในการติดตั้งและในการดำเนินงาน เพื่อให้ได้ขนาดที่เหมาะสม

(2) ผลตอบแทน ที่ได้จากการเชื่อมต่อหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวเข้าไปภายในระบบจำหน่ายไฟฟ้า

วิธีการแก้ปัญหาในการเลือกและการจัดสรรหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่เหมาะสมที่สุดที่เคยมีการนำเสนอ เช่น ในงานวิจัยของ M. Mardaneh และคณะ และงานวิจัยของ F.L. Alvarado [17]-[18] ใช้วิธีการเลือกขนาดของหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวโดยใช้หลักการ การไหลของกำลังไฟฟ้าที่เหมาะสมที่สุด (Optimal Power Flow: OPF) ควบคู่กับการเลือกตำแหน่งติดตั้งที่เหมาะสมของหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวโดยใช้วิธีการทางพันธุกรรม (Genetic Algorithm: GA) [18]-[19] สำหรับงานวิจัยของ C. Táutiva และคณะ [20] ใช้วิธีการแบบศึกษาสำนึก (Heuristic methodology) เข้ามาหาทั้งตำแหน่ง และขนาดที่เหมาะสมของหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว เป็นต้น แต่วิธีที่ได้รับความนิยม คือ เทคนิควิธีทางพันธุกรรม เพื่อจัดสรรความเหมาะสมของหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว ที่จะติดตั้งเข้าไปในระบบจำหน่ายไฟฟ้า โดยงานวิจัยของ G. Celli และคณะ และงานวิจัยของ M. Mardaneh และคณะ [16]-[17] ใช้เทคนิควิธีทางพันธุกรรมเพื่อหาตำแหน่ง และขนาดของหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่เหมาะสมที่จะนำไปติดตั้งในระบบจำหน่ายไฟฟ้า โดยจะพิจารณาข้อจำกัดทางด้านเทคนิค ได้แก่ ข้อจำกัดของการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าที่จุดต่อร่วม สภาวะแรงดันไฟฟ้าที่จุดต่อร่วม และกระแสลัดวงจรสามเฟสที่จุดต่อร่วมของระบบจำหน่ายไฟฟ้า นอกจากนี้ งานวิจัยของ T.N. Shukla และคณะ [8] ยังใช้เทคนิควิธีการเดียวกันในการวิเคราะห์เพื่อลดความสูญเสียที่เกิดขึ้นอีกด้วย

จากขอบเขตและแนวทางในการแก้ปัญหาของหลาย ๆ งานวิจัย ไม่ได้กล่าวครอบคลุมถึงความสามารถของวิธีการในการหาทั้งตำแหน่งที่ติดตั้ง ขนาด และจำนวนของหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวพร้อมกันทีเดียวทั้งหมดได้ เนื่องจากปัญหาในการเลือก และการจัดสรรหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวมีความซับซ้อน เพราะต้องคำนึงถึง ตำแหน่งติดตั้ง ขนาด ผลกระทบต่อระบบ ในเวลาเดียวกัน อีกทั้งการวิเคราะห์ในเรื่องความสูญเสียที่เกิดขึ้นระบบ และผลตอบแทนทางด้าน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

เศรษฐศาสตร์ก็ยังไม่ได้ถูกกล่าวถึงมากนัก แต่จากวิธีการแก้ปัญหาที่เคยมีการนำเสนอไม่สามารถหาคำตอบของทุก ๆ ปัญหาได้พร้อมกันทีเดียวทั้งหมด ทำให้วิธีการแบบดั้งเดิมที่เคยนำเสนอไม่สามารถทำได้ ดังนั้น เพื่อเป็นการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนของระบบ จึงต้องนำวิธีการสมัยใหม่เข้ามาช่วยในการแก้ปัญหาของการติดตั้งหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวเข้าไปในระบบจำหน่ายไฟฟ้า

งานวิจัยนี้จึงนำเสนอเทคนิคและวิธีการใหม่ในการเลือก ตำแหน่ง และขนาดที่เหมาะสม อีกทั้งยังสามารถเลือกประเภท และจำนวนของหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวได้พร้อมกันทีเดียว โดยใช้เทคนิคการคำนวณเชิงวิวัฒนาการ (Evolutionary Computation: EC) [21]-[22] เพื่อเข้ามาแก้ไขปัญหาที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น และเลือกใช้หน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวสองประเภท คือ พลังงานจากแสงอาทิตย์ และพลังงานจากลม เนื่องจากเป็นพลังงานทางเลือกที่กำลังได้รับความสนใจอยู่ในขณะนี้ โดยมีขนาดกำลังผลิตไม่เกิน 8 เมกะวัตต์/บัสเชื่อมต่อ ทดสอบกับระบบมาตรฐาน IEEE และประยุกต์ใช้งานกับระบบจำหน่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคในระดับแรงดัน 22 กิโลโวลต์ [23]

**1.2 แนวทางในการแก้ปัญหา**

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอ เทคนิคการโปรแกรมเชิงวิวัฒนาการ (Evolutionary Programming: EP) สำหรับเลือกหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่มีความเหมาะสมทั้งทางด้านเทคนิค และเศรษฐศาสตร์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการส่งจ่ายโหลดทางไฟฟ้าในระบบจำหน่ายไฟฟ้าของประเทศไทย โดยพิจารณาจากผลตอบแทนสูงสุดที่ได้จากการปรับปรุงระบบไฟฟ้า เทียบกับการลงทุนจากการติดตั้งและใช้งานหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว วัตถุประสงค์ดังกล่าวจะถูกวิเคราะห์โดยใช้หลักการ การไหลของกำลังไฟฟ้าที่เหมาะสมที่สุด และพิจารณาถึงข้อจำกัดของระบบไฟฟ้าทั้งสองส่วนพร้อมกัน คือ ข้อจำกัดในการรับกำลังไฟฟ้าที่ไหลผ่านสายส่ง และระดับแรงดันไฟฟ้าซึ่งจะต้องอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**1.3 สรุปสาระสำคัญและเอกสารจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**

จากการศึกษาค้นคว้าเอกสารและบทความที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย จะเห็นได้ว่ามีหลายบทความที่แสดงให้เห็นถึง การเลือกใช้หน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว และวิธีการที่จะนำมาใช้ใน

การวิเคราะห์เพื่อติดตั้งลงในระบบจำหน่ายไฟฟ้า และช่วยในการปรับปรุงความสามารถในการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า โดยสามารถสรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้องได้ดังต่อไปนี้

Borges และ Falcao [7] นำเสนอวิธีการจัดสรรและเลือกขนาดที่เหมาะสมของหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว เพื่อติดตั้งลงในระบบจำหน่ายไฟฟ้า เพื่อลดความสูญเสียในโครงข่ายไฟฟ้า ในขณะที่ระบบยังคงความเชื่อถือได้ และระดับแรงดันไฟฟ้ายังอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม โดยใช้เทคนิควิธีการทางพันธุกรรม เพื่อประเมินผลกระทบที่มีต่อความเชื่อถือได้ของระบบ ความสูญเสียในระบบ และระดับแรงดันภายหลังจากการติดตั้งหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว เข้าไปในระบบจำหน่ายไฟฟ้า ฟังก์ชันประเมินค่าความเหมาะสมที่ใช้ในเทคนิควิธีทางพันธุกรรม เป็นความสัมพันธ์ระหว่างผลตอบแทนสูงสุด (Benefit) ที่ได้จากการติดตั้งหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว และต้นทุน (Cost) ในการดำเนินงานที่เกิดขึ้นจากการติดตั้ง ส่วนความสูญเสียและระดับแรงดันที่เกิดขึ้นวิเคราะห์จากการไหลของกำลังไฟฟ้า (Power flow analysis)

A.A. Abou El-Ela และคณะ [24] นำเสนอวิธีการที่เหมาะสมที่สุด (Optimal Proposed Approach: OPA) เพื่อหาตำแหน่ง และขนาดของหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว และพิจารณาจากหลาย ๆ ข้อจำกัดร่วมของระบบ โดยแยกพิจารณาเป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์เดี่ยว (Single objective function) และฟังก์ชันวัตถุประสงค์ร่วม (Multi-objective function) โดยใช้วิธีการทางพันธุกรรม (Genetic Algorithm: GA) นอกจากนี้ยังใช้วิธีกำหนดการเชิงเส้น (Linear Programming: LP) เพื่อยืนยันผลที่ได้จากการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบจากวิธีทางพันธุกรรม และใช้ศึกษาผลกระทบของการจัดอันดับ และตำแหน่งของหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่แตกต่างกันในฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ทดสอบกับระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าในประเทศอียิปต์ ซึ่งผลที่ได้แสดงให้เห็นว่า การจัดวางของหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวด้วยขนาด และตำแหน่งที่เหมาะสมเป็นจุดสำคัญในการช่วยปรับปรุงระบบ คือ ปรับปรุงระดับแรงดัน การเพิ่มกำลังไฟฟ้าสำรองของระบบ ลดการไหลของกำลังไฟฟ้าในเส้นทางการส่งจ่ายที่วิกฤติ และช่วยลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบได้ เป็นต้น

Zangeneh และคณะ [25] นำเสนองานวิจัยเกี่ยวกับการวางแผนเพื่อเพิ่มกำลังการผลิตในระบบโดยใช้เทคโนโลยีสะอาด ซึ่งเทคโนโลยีของหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่นำมาใช้ คือ เทคโนโลยีแบบดั้งเดิมและพลังงานทดแทน คือ พลังงานจากแสงอาทิตย์ (Photovoltaic) กังหันลม (Wind turbine) เซลล์เชื้อเพลิง (Fuel cell) ไมโครเทอร์ไบน์ (Micro turbine) กังหันก๊าซ (Gas

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

turbine) และเครื่องยนต์กังหัน (Reciprocal engine) เป็นต้น อัลกอริทึมที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ คือ วิธีการจำลองแบบมอนติคาร์โล (Monte carlo simulation) ถูกนำมาใช้ในการเลือกรูปแบบการวางแผนเพื่อประเมินหาความเหมาะสม ซึ่งประกอบไปด้วย เทคโนโลยีของหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง และตำแหน่งที่ติดตั้งในระบบจำหน่ายไฟฟ้า โดยมีเป้าหมายเพื่อหาประสิทธิภาพและความเชื่อถือได้ของระบบที่ศึกษา ข้อจำกัดของระบบทดสอบแบ่งออกเป็นสองสภาวะการณ์ คือ ข้อจำกัดการปล่อยก๊าซในระบบจำหน่ายทั้งหมด และข้อจำกัดการปล่อยก๊าซในแต่ละบัสที่ปล่อยออกมา ซึ่งเป็นกลยุทธ์ในการส่งเสริมการซื้อขายพลังงานสะอาด พร้อมกับข้อจำกัดในการควบคุมมลพิษที่จะปล่อยออกมาจากระบบจำหน่ายไฟฟ้า

Souroudi และ M. Ehsan [26] นำเสนอการกำหนดหลายวัตถุประสงค์แบบไดนามิก (A dynamic multi-objective formulation) โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อขยายระบบจำหน่ายไฟฟ้าโดยพิจารณาจากการติดตั้งหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวเข้าไปในระบบ และพิจารณาจากสองวัตถุประสงค์ คือ ต้นทุนรวมทั้งหมดในการติดตั้ง และข้อจำกัดทางด้านเทคนิคของระบบ เพื่อหารูปแบบที่เหมาะสมในการจัดวาง และเลือกขนาดในการติดตั้ง ตำแหน่งที่ติดตั้ง และผลทางด้านไดนามิก โดยใช้วิธีการศึกษาสำนึกควบคู่กัน ซึ่งพบว่าวิธีการแบบพาเรโต (Pareto optimization) และวิธีการแบบฟัซซี่ (Fuzzy method) สามารถหารูปแบบที่เหมาะสมได้มีประสิทธิภาพที่สุด โดยทดสอบกับระบบจำหน่ายไฟฟ้าจริง 574 โนด

จากบทความที่เกี่ยวข้องที่ได้นำเสนอไว้ข้างต้น สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 1.2 โดยจะแสดงถึงฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective function) ข้อจำกัดในแต่ละงานวิจัย (Constraints) และวิธีการ (Methods) ที่นำมาใช้ในบทความดังกล่าว

**1.4 วัตถุประสงค์ของการวิจัย**

1.4.1 เพื่อออกแบบและนำเสนอเทคนิคการคำนวณเชิงวิวัฒนาการ ที่ใช้สำหรับการคำนวณหาตำแหน่งและขนาดที่เหมาะสมของหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว

1.4.2 เพื่อประเมินและปรับปรุงสมรรถภาพของอัลกอริทึมที่ใช้ในการคำนวณโดยเทคนิคการคำนวณเชิงวิวัฒนาการ พร้อมทั้งวิเคราะห์ข้อดี ข้อเสีย และปัญหาที่จะต้องแก้ไขเพิ่มเติม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**1.5 ขอบเขตของการวิจัย**

1.5.1 สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบไฟฟ้าที่จะศึกษา เพื่อการจัดสรรที่เหมาะสมของหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว โดยการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (MATLAB)

1.5.2 เลือกใช้เทคโนโลยีของหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวจากประเภทพลังงานทดแทนสองชนิด คือ พลังงานจากแสงอาทิตย์ และพลังงานจากลม

1.5.3 ใช้เทคนิคการโปรแกรมเชิงวิวัฒนาการ เพื่อหาคำตอบตามฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่กำหนด โดยพิจารณาจากผลตอบแทนสูงสุดที่ได้จากการปรับปรุงระบบไฟฟ้า เมื่อเทียบกับการลงทุนในการติดตั้งและใช้งาน

1.5.4 ทดสอบและวิเคราะห์อัลกอริทึมกับระบบไฟฟ้ามาตรฐาน ได้แก่ IEEE 6-bus, IEEE 30-bus, และ IEEE 118-bus เป็นต้น

1.5.5 ทดสอบและวิเคราะห์อัลกอริทึมกับตัวอย่างระบบจำหน่ายไฟฟ้าของประเทศไทย ที่ระดับแรงดัน 22 กิโลโวลต์ เป็นกรณีศึกษา

**1.6 ประโยชน์ที่จะได้รับจากการวิจัย เชิงทฤษฎี และ/หรือเชิงประยุกต์**

1.6.1 สามารถนำเสนอองค์ความรู้ใหม่ในการวิเคราะห์ปัญหาการหาตำแหน่งที่ตั้ง และขนาดที่เหมาะสมที่สุดในการติดตั้งหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว

1.6.2 สามารถปรับปรุงและพัฒนาอัลกอริทึมที่ใช้ในการคำนวณโดยเทคนิควิธีการเชิงวิวัฒนาการ

1.6.3 สามารถนำไปใช้วิเคราะห์และแก้ปัญหากับระบบจำหน่ายไฟฟ้าจริง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 1.2 สาระสำคัญของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

| งานวิจัย | ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ | ข้อจำกัด | วิธีการ |
|---|---|---|---|
| Borges และ Falcao | $F = \frac{Benefit(B)}{Cost(C)}$ | 1. แรงดันของแต่ละบัสในระบบ<br>2. ดัชนีความเชื่อถือได้ของโครงข่าย<br>3. ความสามารถในการติดตั้งของหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวเข้าไปในระบบ | วิธีการทางพันธุกรรม |
| A.A. Abou El-Ela และคณะ | 1. ฟังก์ชันวัตถุประสงค์เดี่ยว<br>1.1 การปรับปรุงระดับแรงดันไฟฟ้า<br>$MaxVPI\% = \frac{VP_{w/DG} - VP_{wo/DG}}{VP_{wo/DG}} \times 100$<br>1.2 กำลังผลิตสำรองที่เพิ่มขึ้น<br>$MaxSRI\% = \frac{SR_{w/DG} - SR_{wo/DG}}{SR_{wo/DG}} \times 100$<br>1.3 การลดลงของกำลังไฟฟ้า<br>$MaxPFR\% = \frac{PF_{k,wo/DG} - PF_{k,w/DG}}{PF_{k,wo/DG}} \times 100$ | 1. จำนวนหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว<br>$N_{DG} \le N_{DG/MAX}$<br>2. ข้อจำกัดของกำลังผลิตติดตั้งเดิม<br>$Pg_g^{\min} \le Pg_{g/DG} \le Pg_g^{\max}$<br>3. ข้อจำกัดของกำลังผลิตติดตั้งจากหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว<br>$Pg_d^{\min} \le Pg_d \le Pg_d^{\max}$<br>4. ข้อจำกัดสมดุลกำลังไฟฟ้า<br>$\sum_{g=1}^{N_G} Pg_{g/DG} + \sum_{d=1}^{N_{DG}} Pg_d = P_d + LL$ | 1. วิธีกำหนดการเชิงเส้น<br>2. วิธีการทางพันธุกรรม<br>3. วิธีการที่เหมาะสมที่สุด |



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 1.2 สาระสำคัญของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

| งานวิจัย | ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ | ข้อจำกัด | วิธีการ |
|---|---|---|---|
| | 1.4 การลดลงของความสูญเสียในสายส่ง<br>$MaxLLR = \frac{LL_{wo/DG} - LL_{w/DG}}{LL_{wo/DG}} \times 100$<br>2. ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ร่วม<br>ประโยชน์สูงสุดที่ได้จากการติดตั้งหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว (The maximal composite benefit of DG)<br>$MBDG = w_1 VPI\% + w_2 SRI\% + w_3 PFR\% + w_4 LLR\%$<br>โดยที่ $0 \le w_i \le 1$ และ $\sum_{i=1}^{4} w_i = 1$ | 5. ข้อจำกัดด้านความปลอดภัย<br>$PF_k \le PF_k^{\max} ; k = 1,\ldots, NL$<br>6. ข้อจำกัดของแรงดันบัส<br>$V_i^{\min} \le V_i \le V_i^{\max}$ | |
| Zangeneh และคณะ | 1. ฟังก์ชันต้นทุนของการลงทุนและการดำเนินงาน<br>$f_1 = \sum_{i=1}^{nlb} \sum_{j \hat{I} tech} CPV_1 \times IC_j \times P_{DG,ij} + \sum_{i=1}^{nlb} \sum_{j \hat{I} tech} CPV_2 \times OC_j \times P_{DG,ij} \times a_{ij} \times 8760$<br>2. ฟังก์ชันต้นทุนของพลังงานที่สูญเสียและพลังงานที่ซื้อ | 1. ดุลยภาพของอุปสงค์และอุปทาน<br>$\sum_{i=1}^{nb} \left\{ P_{ij} - \frac{\left(\lvert V_i \rvert - \lvert V_j \rvert\right)}{\lvert Z_{ij} \rvert} \times pf \right\} + P_{DG,j}^{CAP} = D_j$<br>เมื่อ $P_{DG,i}^{CAP} = \sum_{j \in Tech} P_{DG,ij}$<br>2. ข้อจำกัดของแรงดันไฟฟ้า<br>$V_i^{\min} \le V_i \le V_i^{\max}$ | 1. ขั้นตอนวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพแบบหลายวัตถุประสงค์ร่วม<br>2. การจำลองแบบมอนติคาร์โล |



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 1.2 สาระสำคัญของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

| งานวิจัย | ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ | ข้อจำกัด | วิธีการ |
|---|---|---|---|
| | $f_2 = \left( \sum_{i=1}^{nb} \sum_{j=i+1}^{nb} \frac{\left(\lvert V_i \rvert - \lvert V_j \rvert\right)^2}{\lvert Z_{ij} \rvert} \times pf \times \pi + \sum_{i=1}^{ns} \sum_{j=1}^{nlb} \lvert V_i \rvert \frac{\left(\lvert V_i \rvert - \lvert V_j \rvert\right)}{\lvert Z_{ij} \rvert} \times \pi \times pf \right) \times LF \times CPV_2 \times 8760$ | 3. ข้อจำกัดของกำลังไฟฟ้าที่สายป้อน<br>$P_{ij} \le P_{ij}^{Max}$<br>4. กำลังการผลิตติดตั้งสูงสุด<br>$P_{DGi}^{cap} \le P_{DG}^{\max}$<br>5. งบประมาณในการลงทุนรวม<br>$\sum_{i=1}^{nlb} \sum_{j \hat{I} Tech} IC_j \times P_{DG,ij} \le TIB$<br>6. การปล่อยมลภาวะ<br>$\sum_{i=1}^{nlb} EDG_i \le TPL$<br>$EDG_i \le PL_i$ | |
| Souroudi และ<br>M. Ehsan | $\min\left\{OF_1, OF_2\right\}$<br>1. ต้นทุนรวม<br>1.1 ต้นทุนในการซื้อไฟฟ้าจากกริด<br>$GC = \sum_{t=1}^{T} \sum_{dl=1}^{N_{dl}} PLF_{dl} \times \rho \times P_{t,dl}^{grid} \times \tau_{dl} \times \frac{1}{(1+d)}$ | 1. เงื่อนไขบังคับ<br>1.1 ข้อจำกัดการไหลของกำลังไฟฟ้า<br>1.2 ข้อจำกัดของกำลังผลิตติดตั้งจากหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว<br>$P_{i,t,dl}^{dg} \le \sum_{t=0}^{t} \xi_{i,t}^{dg} \le \bar{P}_{\lim}^{dg}$ | 1. วิธีการแบบพาเรโต<br>2. วิธีการแบบฟัซซี่ |



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 1.2 สาระสำคัญของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

| งานวิจัย | ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ | ข้อจำกัด | วิธีการ |
|---|---|---|---|
| | 1.2 ต้นทุนติดตั้งหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว<br>$DGIC = \sum_{t=1}^{T} \sum_{i=1}^{N_b} \sum_{dg} \xi_{i=t}^{dg} \times IC_{dg} \times \frac{1}{(1+d)^t}$<br>1.3 ต้นทุนดำเนินงานของหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว<br>$DGOC = \sum_{t=1}^{T} \sum_{i=1}^{N_b} \sum_{dg} \sum_{dl=1}^{N_{dl}} \tau_{dl} \times OC_{dg} \times P_{i,t,dl}^{dg} \times \frac{1}{(1+d)^t}$<br>1.4 ต้นทุนเสริม<br>1.4.1 ต้นทุนเสริมของสายป้อนรวมในระบบ<br>$LC = \sum_{t=1}^{T} \sum_{l=1}^{N_l} C_l \times d_l \times \gamma_t^l \times \frac{1}{(1+d)^t}$<br>1.4.2 ต้นทุนเสริมของสถานีไฟฟ้าย่อย<br>$SC = \sum_{t=1}^{T} C_{tr} \times \psi_t^{tr} \times \frac{1}{(1+d)^t}$<br>$OF_1 = GC + DGIC + DGOC + LC + SC$<br>2. ข้อจำกัดทางเทคนิค<br>2.1 ค่าที่ยอมรับไม่ได้ทางด้านเทคนิค<br>$ATD_t = 1 - \min\left\{\mu_t^V, \mu_t^I, \mu_t^{S^{grid}}\right\}$ | 2. เงื่อนไขผ่อนปรน<br>2.1 ระดับแรงดัน<br>2.2 ขอบเขตของกระแสที่สายป้อนและสถานีไฟฟ้าย่อย | 1. วิธีการแบบพาเรโต<br>2. วิธีการแบบฟัซซี่ |



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 1.2 สาระสำคัญของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

| งานวิจัย | ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ | ข้อจำกัด | วิธีการ |
|---|---|---|---|
| | 2.2 ค่าที่ยอมรับไม่ได้สูงสุดทางด้านเทคนิคในปีที่ t<br>$MTD_t = 1 - \min\left\{\mu_{t,dl}^{V}, \mu_{t,dl}^{I}, \mu_{t,dl}^{S^{grid}}\right\}$<br>$OF_2 = \max_t \left(w_1 \times ATD_t + w_2 \times MTD_t\right)$<br>เมื่อ $w_1, w_2$ คือ ค่าน้ำหนัก | | |



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved