บทที่ 2

หน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว

หน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวเป็นที่คาดการณ์ว่าจะนำมาเพิ่มกำลังผลิตไฟฟ้าภายในระบบมากขึ้น โดยทั่วไปความหมายของหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว คือ ระบบผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากที่ถูกจำกัดขนาดไม่เกิน 10 เมกะวัตต์ และถูกจำกัดให้ติดตั้งเฉพาะในระบบจำหน่ายไฟฟ้าเท่านั้น ประเภทของหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่ถูกนำมาใช้ในปัจจุบันมีอยู่หลายประเภท ซึ่งแตกต่างไปตามมาตรฐานที่ถูกนำมาอ้างอิง ดังนั้น ในบทนี้จะอธิบายเกี่ยวกับคำจำกัดความของหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว เทคโนโลยีของระบบผลิตไฟฟ้าที่อ้างอิงตามมาตรฐานต่าง ๆ รวมถึงเปรียบเทียบกับระบบผลิตไฟฟ้าแบบดั้งเดิม หรือระบบผลิตไฟฟ้าแบบศูนย์กลางว่ามีความแตกต่างกันอย่างไร อีกทั้ง ข้อดี ข้อเสียของทั้งสองระบบ และผลกระทบที่เกิดจากการติดตั้งหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวเข้าไปในระบบ

2.1 คำจำกัดความของหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ได้กำหนดคำจำกัดความของหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวไว้แตกต่างกัน เช่น เป็นระบบผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กแบบแยกตัวอิสระ บางประเทศได้กำหนดคำนิยามตามระดับแรงดันของระบบไฟฟ้าแบบดั้งเดิมที่หน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวเข้าไปเชื่อมต่อ และบางประเทศกำหนดจากลักษณะเฉพาะ เช่น เป็นพลังงานทดแทนหรือพลังงานร่วม เป็นต้น ตามมาตรฐานของ CIRED Working Group [27] ได้ให้คำจำกัดความของหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวว่าเป็นหน่วยผลิตไฟฟ้าขนาดย่อย โดยที่

(1) ไม่เป็นระบบผลิตไฟฟ้าแบบศูนย์กลางที่ต้องจ่ายกำลังไฟฟ้าแก่โหลด

(2) เชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายไฟฟ้าเท่านั้น

(3) มีกำลังการผลิตอยู่ในช่วง 50 เมกะวัตต์ ถึง 100 เมกะวัตต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ส่วนมาตรฐาน IEEE Std 1547-2003 [28] ได้ให้คำจำกัดความของหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวไว้ว่า เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่เชื่อมต่อเข้ากับพื้นที่ของระบบไฟฟ้ากำลังผ่านทางจุดต่อร่วม ซึ่งในประเทศไทยได้ให้คำจำกัดความในอีกความหมายหนึ่ง คือ ผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก (Very Small Power Producer: VSPP) หมายถึง ผู้ผลิตไฟฟ้า ทั้งภาคเอกชน รัฐบาล รัฐวิสาหกิจ และประชาชนทั่วไปที่มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเป็นของตัวเอง ที่จำหน่ายไฟฟ้าให้กับการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย โดยมีปริมาณพลังงานไฟฟ้าขายเข้าระบบไม่เกิน 10 เมกะวัตต์ [29]

2.2 หน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวเปรียบเทียบกับระบบผลิตไฟฟ้าแบบดั้งเดิม

กำลังไฟฟ้าส่วนใหญ่ที่ได้มาจากระบบผลิตไฟฟ้าแบบศูนย์กลาง (Central station power plant) โดยเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตส่วนใหญ่เป็นเชื้อเพลิงประเภท ฟอสซิล และพลังงานนิวเคลียร์เป็นหลัก กำลังการผลิตติดตั้งมีขนาดตั้งแต่ 150 เมกะวัตต์ จนถึง 800 เมกะวัตต์ ในประเทศไทยมีหน่วยงานที่รับผิดชอบทั้งในเรื่องการผลิต ส่งจ่าย และจำหน่ายไฟฟ้า ซึ่งมีขนาดใหญ่และก่อสร้างในพื้นที่ที่ห่างไกลจากโหลด ดังนั้น จึงมีแนวคิดในการเริ่มนำหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวเข้ามาประยุกต์ใช้ในระบบ

2.2.1 ความแตกต่างระหว่างหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวและระบบผลิตไฟฟ้าแบบดั้งเดิม

ในการเปรียบเทียบระหว่างระบบผลิตไฟฟ้าแบบศูนย์กลางและหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว สามารถแบ่งตามคุณลักษณะทางด้านประสิทธิภาพได้ ดังนี้ [31]-[32]

(1) เงินลงทุน, เชื้อเพลิง, และต้นทุนในการปฏิบัติงานและบำรุงรักษา

เงินลงทุนที่ใช้ในการก่อสร้างระบบผลิตไฟฟ้าจากศูนย์กลางย่อมมีค่ามากกว่าเมื่อเทียบกับขนาดของกำลังผลิต แต่เมื่อเปรียบเทียบในเรื่องของอัตราค่าไฟฟ้าพบว่า ระบบผลิตไฟฟ้าแบบศูนย์กลางมีค่าไฟฟ้าเฉลี่ย 2.50 บาทต่อหน่วย ในขณะที่หน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวประเภทพลังงานกังหันลม มีอัตราส่วนการขายไฟฟ้า 3.50 บาทต่อหน่วย และอัตราส่วนราคาขายไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ 8.00 บาทต่อหน่วย [1] ส่งผลให้ต้นทุนค่าไฟฟ้าที่โหลดผู้ใช้ต้องจ่ายให้กับระบบผลิตไฟฟ้าเพิ่มสูงขึ้น แต่เนื่องจากหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวส่วนใหญ่ เป็นประเภทพลังงานทดแทน จึงมีต้นทุนในเรื่องของเชื้อเพลิงที่ถูกกว่า อีกทั้งต้นทุนในการปฏิบัติงานและการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บำรุงรักษาต่ำ ดังนั้น หน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวจึงคุ้มทุนมากกว่าระบบผลิตไฟฟ้าแบบศูนย์กลาง เมื่อเปรียบเทียบในด้านการลงทุน

(2) ความเชื่อถือได้และคุณภาพไฟฟ้ากำลัง

วิเคราะห์จากสภาพแรงดันไฟฟ้าในสภาวะที่จ่ายโหลด เนื่องจาก หน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวส่วนใหญ่เป็นประเภทพลังงานทดแทน ทำให้ความแน่นอนในการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าขึ้นอยู่กับข้อจำกัดในเรื่องเชื้อเพลิง และช่วงเวลาในการผลิตไฟฟ้า

(3) มลพิษและผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม

หน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวประเภทพลังงานทดแทนส่วนใหญ่เป็นพลังงานสะอาด และไม่มีการสันดาปภายในจึงก่อให้เกิดมลพิษไม่มากนัก เช่น มลพิษทางด้านอากาศ และมลพิษทางด้านเสียง เป็นต้น

(4) ความต้องการของโครงสร้างขั้นพื้นฐาน

ระบบผลิตไฟฟ้าแบบศูนย์กลาง รวมทั้งระบบส่งจ่าย และระบบจำหน่ายไฟฟ้าต้องใช้พื้นที่จำนวนมากในการก่อสร้าง เมื่อเทียบกับหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว อีกทั้งระบบโครงข่ายใต้ดินขนาดใหญ่ของหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่สามารถส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าได้โดยที่ไม่จำเป็นต้องใช้พื้นที่ด้านบน เมื่อเปรียบเทียบกับระบบจำหน่ายไฟฟ้าของระบบผลิตไฟฟ้าแบบศูนย์กลาง

ตาราง 2.1 การเปรียบเทียบความเหมาะสมระหว่างระบบผลิตแบบศูนย์กลาง และหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวเมื่อติดตั้งเข้าไปในระบบจำหน่ายไฟฟ้า

ข้อเปรียบเทียบ	ประเภทของโรงไฟฟ้า	
	ระบบผลิตไฟฟ้าแบบศูนย์กลาง	หน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว
1. เงินลงทุน, เชื้อเพลิง, และต้นทุนในการปฏิบัติงานและการบำรุงรักษา		✓
2. ความเชื่อถือได้และคุณภาพกำลังไฟฟ้า	✓	
3. มลพิษผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม		✓
4. ความต้องการของโครงสร้างขั้นพื้นฐาน		✓
5. ระยะเวลาในการก่อสร้าง		✓
6. ความปลอดภัยทางด้านไฟฟ้าและการปฏิบัติงาน	✓	

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(5) ระยะเวลาในการก่อสร้าง

เวลาในการก่อสร้างระบบผลิตไฟฟ้าแบบศูนย์กลางและระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า ต้องใช้เวลาในการศึกษาหลาย ๆ ด้าน เช่น ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การศึกษาทางด้านโบราณคดี พื้นที่ที่จะใช้ในการก่อสร้าง รวมไปถึงการออกแบบและการก่อสร้าง ที่ต้องใช้เวลาประมาณ 7-10 ปี ระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่ต้องใช้เวลาในการสร้างประมาณ 6 เดือนถึง 2 ปี เมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาในการก่อสร้างหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว รวมทั้งระบบโครงข่ายใต้ดินของหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่ใช้เวลาในการสร้างประมาณ 6 เดือน

(6) ความปลอดภัยทางด้านไฟฟ้าและการปฏิบัติงาน

เกี่ยวข้องกับการเกิดสภาวะไอซ์แลนดิ้ง ซึ่งจะมีผลต่อระบบป้องกันภายหลังจากการเชื่อมต่อหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวเข้าไปในระบบปกติ และมีผลต่อผู้เข้าไปปฏิบัติงานในการซ่อมบำรุง

2.2.2 หน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวในประเทศไทย

หน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวในประเทศไทยที่ผลิตกำลังไฟฟ้าเพื่อส่งจ่ายให้กับระบบไฟฟ้าของประเทศ สามารถจำแนกได้จากขนาดของกำลังผลิตติดตั้งที่เชื่อมต่อกับระบบ คือ ผู้ผลิตไฟฟ้าอิสระ (Independent Power Producer: IPP), ผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็ก (Small Power Producer: SPP), และผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก (Very Small Power Producer: VSPP) แต่หน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวในระบบจำหน่ายไฟฟ้าจะถูกจำกัดขนาดกำลังการผลิตที่สามารถเชื่อมต่อเข้าไปในระบบได้ไม่เกิน 10 เมกะวัตต์ต่อจุดเชื่อมต่อที่ระดับแรงดันไม่เกิน 33 กิโลโวลต์ โดยคำนิยามของหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว คือ [33]

“ผู้ผลิตไฟฟ้า ทั้งภาคเอกชน รัฐบาล รัฐวิสาหกิจ และประชาชนทั่วไป ที่มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าของตนเอง มีลักษณะกระบวนการผลิตไฟฟ้าตามข้อ ข. ที่จำหน่ายไฟฟ้าให้แก่การไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย โดยมีปริมาณพลังงานไฟฟ้าขายเข้าระบบไม่เกิน 10 เมกะวัตต์”

ระบบจำหน่ายไฟฟ้าจะรับซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากที่ผลิตไฟฟ้าตามลักษณะกระบวนการผลิตดังต่อไปนี้ คือ

(1) การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน (Renewable energy) เช่น พลังงานกังหันลม พลังงานแสงอาทิตย์ พลังน้ำขนาดเล็ก (Mini hydroelectricity) พลังน้ำขนาดเล็กมาก (Micro hydroelectricity) พลังคลื่นทะเลหรือมหาสมุทร พลังความร้อนใต้พิภพ และก๊าซชีวภาพ เป็นต้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(2) การผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิง ดังต่อไปนี้

(2.1) กากหรือเศษวัสดุเหลือใช้ในการเกษตร หรือกากจากการผลิต ผลิตภัณฑ์ทางอุตสาหกรรมหรือการเกษตร

(2.2) ผลิตภัณฑ์ที่แปรรูปมาจากกากหรือเศษวัสดุเหลือใช้จากการเกษตร หรือจากการผลิตผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมหรือการเกษตร

(2.3) ขยะมูลฝอย

(2.4) ไม้จากการปลูกป่าเพื่อเป็นเชื้อเพลิง

ผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากที่ใช้เชื้อเพลิงดังกล่าวข้างต้น สามารถใช้เชื้อเพลิงในเชิงพาณิชย์ เช่น น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ และถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงเสริมได้ แต่ทั้งนี้ พลังงานความร้อนที่ได้จากการใช้เชื้อเพลิงเสริมในแต่ละรอบปี ต้องไม่เกินร้อยละ 25 ของพลังงานความร้อนทั้งหมดที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าในรอบปีนั้น ๆ และในการเชื่อมต่อหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว ต้องปฏิบัติตามระเบียบการว่าด้วยการเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนานกับระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค [34]

2.3 ผลกระทบของหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวต่อกำลังสูญเสียในระบบจำหน่ายไฟฟ้า

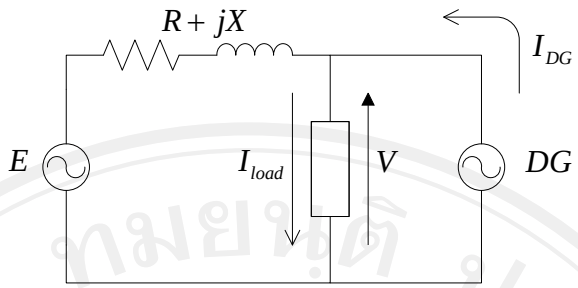
ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงผลกระทบอันเนื่องมาจากหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว ที่ส่งผลกระทบต่อระบบจำหน่ายไฟฟ้า ประเด็นสำคัญที่จะต้องพิจารณาเมื่อจะทำการติดตั้งหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวเข้าไปในระบบจำหน่ายไฟฟ้า คือ ผลกระทบอันเนื่องมาจากกำลังผลิตไฟฟ้าและตำแหน่งติดตั้งสามารถอธิบายได้ ดังนี้ [35]

2.3.1 ผลกระทบเนื่องจากขนาดกำลังผลิต

การศึกษาเรื่องผลกระทบเนื่องมาจากกำลังผลิตจากหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวในระบบจำหน่ายไฟฟ้า จะอธิบายโดยใช้แบบจำลองอย่างง่าย ดังแสดงในภาพที่ 2.2

จากแบบจำลองในภาพที่ 2.2 แสดงถึงระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่มีแหล่งกำเนิดเพียงแหล่งเดียว ซึ่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าขนาด E โวลต์ให้กับระบบ ผ่านทางสายส่งที่มีค่าความต้านทานเท่ากับ $R + jX$ โอห์มมายังโหลด ซึ่งจะทำให้มีขนาดแรงดันตกคร่อมโหลดเท่ากับ V โวลต์ อีกทั้งในระบบจำหน่ายไฟฟ้ายังมีหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวเชื่อมต่ออยู่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 2.1 แบบจำลองอย่างง่ายของระบบจำหน่ายไฟฟ้า เมื่อมีหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวติดตั้งในระบบ

พิจารณากรณีที่ไม่มีหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวเชื่อมต่ออยู่ในระบบ เราสามารถเขียนสมการแสดงความสัมพันธ์ของกำลังสูญเสียปรากฏที่เกิดขึ้นในสายส่งได้ดังนี้ คือ

$$S_{loss} = (E - V)I^* = (E - V)\left(I_{load,real} - jI_{load,img}\right) \tag{2.1}$$

ในกรณีที่ระบบมีหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวเชื่อมต่ออยู่ โดยสมมติให้หน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวจ่ายเพียงกำลังไฟฟ้าจริงเพียงอย่างเดียว กำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ปรากฏในสายส่งสามารถเขียนเป็นสมการใหม่ได้ดังนี้ คือ

$$S_{loss}^{DG} = (E - V)\left(I_{load,real} - I_{DG,real} - jI_{load,img}\right) \tag{2.2}$$

จากสมการที่ (2.2) จะพบว่า เมื่อระบบจำหน่ายไฟฟ้ามีหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวเชื่อมต่ออยู่ จะส่งผลต่อกำลังสูญเสียในระบบจำหน่าย ซึ่งจะมีค่าเปลี่ยนไปดังแสดงในสมการที่ (2.3) คือ

$$S_{loss} - S_{loss}^{DG} = (E - V)I_{DG} \tag{2.3}$$

จากความสัมพันธ์นี้สามารถสรุปได้ว่า กำลังไฟฟ้าสูญเสียที่เปลี่ยนแปลงในระบบจำหน่ายไฟฟ้าจะขึ้นอยู่กับขนาดกำลังผลิตของหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว ซึ่งจากวงจรจำลองนี้สามารถแยกพิจารณาได้ 2 กรณี คือ กรณีที่กำลังผลิตของหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวมีขนาดเล็กกว่าหรือเท่ากับขนาดของโหลด จะช่วยให้กำลังสูญเสียที่เกิดขึ้นในระบบจำหน่ายมีค่าลดลง แต่ในทางกลับกัน หากกำลังผลิตของหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวมีขนาดมากกว่าขนาดของโหลดประมาณ 2 เท่า จะส่งผลให้กำลังสูญเสียในระบบจำหน่ายไฟฟ้ามีค่าสูงขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.3.2 ผลกระทบเนื่องจากตำแหน่ง

จากหัวข้อก่อนหน้าที่ได้อธิบายถึง ผลกระทบอันเนื่องมาจากขนาดกำลังผลิตของหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่มีผลต่อระบบจำหน่ายไฟฟ้า โดยใช้แบบจำลองอย่างง่าย แต่ในทางปฏิบัติ ระบบจำหน่ายไฟฟ้าในระบบไม่ได้มีแหล่งจ่ายและโหลดเพียงแหล่งเดียว อีกทั้งยังมีการกระจายตัวของโหลดในระบบ ซึ่งทั้งสองปัจจัยล้วนแต่ส่งผลต่อกำลังสูญเสียที่เกิดขึ้นในระบบจำหน่ายไฟฟ้าทั้งสิ้น ดังนั้น ก่อนการติดตั้งหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวเข้าไปในระบบจำหน่ายไฟฟ้า จึงต้องคำนึงผลกระทบอันเนื่องมาจากตำแหน่งติดตั้งควบคู่กันไปด้วย

หากแบ่งพื้นที่ของระบบจำหน่ายไฟฟ้าโดยพิจารณาจากการกระจายตัวของโหลด จะสามารถแบ่งออกได้เป็นสองลักษณะ คือ พื้นที่ที่มีการกระจายตัวของโหลดอย่างหนาแน่น ซึ่งจะเรียกตำแหน่งนั้นว่า จุดศูนย์กลางโหลด (Load center) และพื้นที่ที่มีการกระจายตัวของโหลดอย่างเบาบาง ซึ่งการเพิ่มขึ้นของกำลังสูญเสียในระบบจำหน่ายไฟฟ้า จะแปรผันตามระยะห่างระหว่างตำแหน่งติดตั้งหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวและจุดศูนย์กลางโหลด

ดังนั้น ก่อนการนำหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวเข้ามาเชื่อมต่อในระบบจำหน่ายไฟฟ้าเพื่อช่วยลดความสูญเสียที่จะเกิดขึ้นในระบบ จำเป็นจะต้องพิจารณาทั้งสองปัจจัย ได้แก่ ผลกระทบเนื่องจากกำลังผลิตติดตั้ง และผลกระทบเนื่องจากตำแหน่งติดตั้งควบคู่กัน สามารถสรุปได้ว่า ก่อนการนำหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวมาประยุกต์ใช้กับระบบจำหน่ายไฟฟ้า สิ่งที่ต้องคำนึงถึงเป็นอันดับแรก คือ ผลกระทบในด้านต่าง ๆ ที่จะเกิดขึ้น เพื่อเป็นการนำหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวมาช่วยในการปรับปรุงประสิทธิภาพ ทั้งยังช่วยเสริมสร้างเสถียรภาพ และความเชื่อถือได้ให้กับระบบจำหน่ายไฟฟ้าอีกทางหนึ่ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved