การวิเคราะห์คุณภาพไฟฟ้าในระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่มีแหล่งผลิตไฟฟ้าพลังงานลม

Analysis of Power Quality in Distribution System with Wind Power Generator

พีระศักดิ์ พรมไตร

Phirasak Phromtrai

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

2562

การวิเคราะห์คุณภาพไฟฟ้าในระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่มีแหล่งผลิตไฟฟ้าพลังงานลม

Analysis of Power Quality in Distribution System with Wind Power Generator

พีระศักดิ์ พรมไตร

Phirasak Phromtrai

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

2562

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ชื่อวิทยานิพนธ์	การวิเคราะห์คุณภาพไฟฟ้าในระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่มีแหล่งผลิตไฟฟ้าพลังงานลม
ชื่อ นามสกุล	นายพีระศักดิ์ พรมไตร
ชื่อปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
คณะ	วิศวกรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.นัฐโชติ รักไทยเจริญชีพ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	รองศาสตราจารย์ทง ลานธารทอง

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ได้ให้ความเห็นชอบวิทยานิพนธ์ฉบับนี้แล้ว

..... ประธานกรรมการ
(ดร.สุวิทย์ อัจริยะเมต)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สาคร วุฒิพัฒนพันธุ์)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ทง ลานธารทอง)

..... กรรมการและเลขานุการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.นัฐโชติ รักไทยเจริญชีพ)

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(อาจารย์ ดร.ณัฐวรพล รัชสิริวัชรบุล)
วันที่ 16 เดือน พฤษภาคม พ.ศ 2563

ชื่อวิทยานิพนธ์ การวิเคราะห์คุณภาพไฟฟ้าในระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่มีแหล่งผลิตไฟฟ้าพลังงานลม

ชื่อ นามสกุล พีระศักดิ์ พรมไตร

ชื่อปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา และคณะ วิศวกรรมไฟฟ้า วิศวกรรมศาสตร์

ปีการศึกษา 2562

บทคัดย่อ

งานวิทยานิพนธ์นี้นำเสนอการวิเคราะห์กังหันลมในระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่มีแหล่งจ่ายไฟฟ้าพลังงานลม โดยทำการทดลองเพื่อเปรียบเทียบระหว่างกังหันลมที่มี 3 ใบพัด และกังหันลมที่มี 4 ใบพัด ในขณะที่ไม่มีการจ่ายโหลดในระบบจำหน่าย และมีการจ่ายโหลดในระบบจำหน่าย เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของกังหันลม 2 ชนิดนี้ วิเคราะห์หาค่าแรงดัน คุณภาพไฟฟ้าในระบบจำหน่ายที่เกิดขึ้น และสามารถประยุกต์ใช้พลังงานกังหันลมให้มีความยั่งยืน และการปฏิบัติเพื่อรองรับการจ่ายไฟอย่างถูกต้อง ในระบบจำหน่ายและสามารถให้บริการไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพและความน่าเชื่อถือได้ กังหันลมเมื่อเชื่อมต่อระบบจำหน่ายไฟฟ้านั้น มีผลกระทบอย่างสำคัญต่อระบบจำหน่ายไฟฟ้า เช่น ผลกระทบต่อกำลังไฟฟ้าสูญเสีย ผลกระทบต่อแรงดัน เป็นต้น จะเห็นได้ว่า กังหันลมที่มี 3 ใบพัด ทำงานได้น้อยกว่ากังหันลมที่มี 4 ใบพัด ได้ไม่มากนัก ดังนั้น จากการทดสอบแสดงให้เห็นว่าการวิเคราะห์คุณภาพไฟฟ้าในระบบจำหน่ายนี้เพื่อใช้เป็นกรณีศึกษาและพัฒนาปรับปรุงการผลิตไฟฟ้ากังหันลมในระบบจำหน่ายไฟฟ้าต่อไป

คำสำคัญ : กังหันลม, ระบบจำหน่ายไฟฟ้า, พลังงานทดแทน

Thesis title	Analysis of Power Quality in Distribution System with Wind Power Generator
Author	Phirasak Phromtrai
Degree	Master of Engineering
Major Program	Electrical Engineering
Academic Year	2019

ABSTRACT

This Thesis presents an analysis of wind turbines in a power distribution system that has a wind power source. By comparing the wind turbine with 3 blades and 4 wind turbines while there is no distribution in the distribution system. And the load is distributed in the distribution system To analyze the differences of these 2 wind turbines, analyze the pressure values The power quality in the distribution system that occurs. And able to apply wind turbine energy for sustainability And practices to support the correct power supply In the distribution system and able to provide electricity with efficiency and reliability Wind turbine when connecting to the electricity distribution system There is a significant impact on the power distribution system, such as the impact on the power loss. Pressure, impact, etc. It can be seen that the wind turbine with 3 blades works less than the wind turbine with 4 blades, not so much. Therefore, the test shows that the analysis of the electricity quality in this distribution system for use as a case study And continue to improve the production of wind turbines in the electricity distribution system.

Keywords: Wind turbine, Power Distribution System, Renewable Energy

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ไปได้ด้วยดีด้วยความช่วยเหลือเป็นอย่างดีของรองศาสตราจารย์ ดร.นัฐโชติ รักไทยเจริญชีพ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และรองศาสตราจารย์ทง ลานธารทอง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ดร.สุวิทย์ อัจริยะเมต ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สาคร วุฒิพัฒนพันธุ์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษาตลอดจนให้ความช่วยเหลือแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ เพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่เอื้อเฟื้อสถานที่รวมถึงวัสดุอุปกรณ์ต่างๆ สำหรับการทำวิทยานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัว ตลอดจนญาติพี่น้องทุกคนที่คอยเป็นกำลังใจและให้การสนับสนุนแก่ผู้ทำวิทยานิพนธ์มาโดยตลอด จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และขอกราบขอบพระคุณ คณะครูอาจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ทุกๆท่าน ที่ร่วมให้คำปรึกษาเพื่อเป็นแนวทางในการทำวิทยานิพนธ์

พีระศักดิ์ พรมไตร

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์หลักของวิทยานิพนธ์	2
1.3 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับกังหันลมผลิตไฟฟ้า	3
2.3 หลักการทำงานของกังหันลม	7
2.4 ประเภทกังหันลม	7
2.5 กังหันลมผลิตไฟฟ้า สำหรับที่พักอาศัย	10
2.6 การเลือกกังหันลมเพื่อใช้งาน	10
บทที่ 3 วิธีดำเนินการ	13
3.1 การออกแบบกังหันลมผลิตไฟฟ้า	13
3.2 ส่วนประกอบของกังหันลมผลิตไฟฟ้า	13
3.3 การทดสอบกังหันลมผลิตไฟฟ้าแบบที่มี 3 ใบพัด	17
3.4 การทดสอบกังหันลมผลิตไฟฟ้าแบบที่มี 4 ใบพัด	18

สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง	หน้า
บทที่ 4 การวิเคราะห์และผลการทดสอบ	19
4.1 ผลการทดสอบ	19
4.2 การวิเคราะห์คุณภาพไฟฟ้า	24
บทที่ 5 สรุป	25
5.1 สรุปผลการทดสอบ	25
5.2 ข้อเสนอแนะ	25
เอกสารอ้างอิง	27
ภาคผนวก	29
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	45

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 ค่าแรงดัน กรณีที่ 1 ไม่มีโหลดในระบบจำหน่าย	19
4.2 ค่าแรงดัน กรณีที่ 2 มีโหลดในระบบจำหน่าย	20
4.3 ค่าแรงดัน กรณีที่ 3 มีโหลดในระบบจำหน่ายระดับ ร้อยละ 50 80 และ 100 เมื่อเทียบกับกำลังผลิตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันลม	21

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 การเกิดลมภูเขาและลมหุบเขา	4
2.2 การเกิดลมบกและลมทะเล	5
2.3 สภาพอากาศและทิศทางลม	6
2.4 กังหันลมแนวแกนนอน	8
2.5 กังหันลมแนวแกนตั้ง	9
2.6 การติดตั้งใช้งานแบบเดี่ยว	11
2.7 การติดตั้งใช้งานแบบเชื่อมต่อเข้าสู่ระบบสายส่ง	12
3.1 ผังการทำงานของกังหันลมผลิตไฟฟ้าในระบบจำหน่าย	13
3.2 กังหันลมที่มี 3 ใบพัด	14
3.3 กังหันลมที่มี 4 ใบพัด	14
3.4 ฐานและเพลาแกนยึดใบพัด	15
3.5 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	16
3.6 หลอดไฟ 12 โวลต์ 10 วัตต์ และ 12 โวลต์ 10 วัตต์	16
3.7 การทดสอบกังหันลมผลิตไฟฟ้าขณะไม่มีโหลดในระบบจำหน่าย 3 ใบพัด	17
3.8 การทดสอบกังหันลมผลิตไฟฟ้าขณะมีโหลดในระบบจำหน่าย 3 ใบพัด	17
3.9 การทดสอบกังหันลมผลิตไฟฟ้าขณะไม่มีโหลดในระบบจำหน่าย 4 ใบพัด	18
3.10 การทดสอบกังหันลมผลิตไฟฟ้าขณะมีโหลดในระบบจำหน่าย 4 ใบพัด	18
4.1 ค่าแรงดัน กรณีที่ 1 ไม่มีโหลดในระบบจำหน่าย	19
4.2 ค่าแรงดัน กรณีที่ 2 มีโหลดในระบบจำหน่าย	20
4.3 ค่าแรงดัน กรณีที่ 3 มีโหลดในระบบจำหน่ายระดับ ร้อยละ 50 80 และ 100 เมื่อเทียบกับกำลังผลิตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันลม	21
4.4 เครื่องมือวัดค่าแรงดัน	22
4.5 เครื่องมือวัดค่าแรงลม	22
4.6 ค่าแรงดัน 21.2 V กรณีไม่มีโหลดในระบบจำหน่าย ของกังหันลมที่มี 3 ใบพัด	23
4.7 ค่าแรงดัน 21.2 V กรณีไม่มีโหลดในระบบจำหน่าย ของกังหันลมที่มี 4 ใบพัด	23
4.8 ค่าแรงดัน 03.8 mv. กรณีไม่มีโหลดในระบบจำหน่ายของกังหันลมที่มี 3 ใบพัด	24

บทที่ 1
บทนำ

บทนำของวิทยานิพนธ์เรื่องการวิเคราะห์คุณภาพไฟฟ้าในระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่มีแหล่งผลิตไฟฟ้ากังหันลมเพื่อใช้ในระบบจำหน่าย มีเนื้อหาทั้งหมด 4 ส่วนด้วยกันคือ ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ ขอบเขตของการศึกษา และประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ โดยในแต่ละส่วนมีรายละเอียดของเนื้อหาดังนี้

1.1 ความเป็นมาของปัญหา

เนื่องจากในปัจจุบันมีความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้ามากขึ้นอย่างต่อเนื่อง การเติบโตในด้านพลังงานสะอาดเพื่อใช้ในด้านเศรษฐกิจและอุตสาหกรรมอย่างต่อเนื่อง จึงทำให้มีความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ พลังงานไฟฟ้าเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญอย่างหนึ่งในการดำรงชีวิตและด้านเศรษฐกิจในประเทศ ดังนั้นระบบไฟฟ้ากังหันลมจะต้องมีเสถียรภาพสูง มีความมั่นคงทางไฟฟ้า และมีความเชื่อถือได้ [1]

การใช้กังหันลมผลิตไฟฟ้าจะเห็นได้ว่าเป็นพลังงานที่สะอาด ปลอดภัยต่อธรรมชาติและภาวะโลกร้อน แต่การทำงานของกังหันลมเพื่อผลิตไฟฟ้า ในขณะที่กังหันลมผลิตไฟฟ้าเกิดสภาวะทำงานเองโดยอิสระ (Islanding) คือ อุปกรณ์ป้องกันทำการตัดวงจรบางส่วนออกจากระบบไฟฟ้าหลัก แต่วงจรส่วนนั้นมีแหล่งผลิตไฟฟ้าแบบกังหันลม ไม่ต่ออยู่ ทำให้วงจรไม่ได้รับไฟ ส่งผลกระทบต่อเสถียรภาพของระบบ สภาวะ แรงดัน และความถี่ของระบบที่เชื่อมต่อกังหันลมผลิตไฟฟ้า จะเกิดการเปลี่ยนแปลง การไฟฟ้าไม่สามารถควบคุมได้ ส่งผลเสียต่อผู้ใช้ไฟฟ้า สาเหตุเหล่านี้จำเป็นต้องมีการประเมินคุณสภาพไฟฟ้าในระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่มีแหล่งผลิตไฟฟ้ากังหันลมเมื่อเกิดสภาวะดังกล่าว

วิธีการทดสอบเพื่อหาคุณภาพไฟฟ้าในระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่มีแหล่งผลิตไฟฟ้ากังหันลม แรงดัน และกระแสที่เกิดขึ้นขณะเกิดการทำงานเองโดยอิสระและไม่อิสระ ด้วยวิธีการวิเคราะห์ผลจากกังหันลมตัวอย่างเพื่อหาสาเหตุความผิดปกติดังกล่าว แล้วนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกัน จะสามารถบ่งบอกถึงความผิดปกติที่เกิดขึ้นได้ เพื่อเป็นผลประกอบในการวิเคราะห์ ประเมินคุณสภาพไฟฟ้าจากกังหันลมได้และซ่อมบำรุงรักษาก่อนที่จะเกิดความเสียหายต่อระบบไฟฟ้าโดยรวมต่อไป [2-3]

1.2 วัตถุประสงค์หลักของวิทยานิพนธ์

1.2.1 เพื่อศึกษาหาสาเหตุต่างๆที่มีผลกระทบต่อการผลิตไฟฟ้ากังหันลม

1.2.2 เพื่อสามารถนำพลังงานลมเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าได้อีกทางเลือกหนึ่ง

1.2.3 เพื่อสร้างแรงจูงใจให้คนไทยหันมาใช้พลังงานทดแทนมากขึ้น

1.3 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์

1.3.1 การวิเคราะห์ผลระหว่างกังหันลมแบบ 3 ใบพัด และ 4 ใบพัด

1.3.2 เปรียบเทียบ วิธีการทดสอบ แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า ในขณะต่อเข้า และไม่ต่อเข้าในระบบ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 สามารถเข้าใจหลักการทำงานของคุณภาพไฟฟ้าของกังหันลมแบบ 3 ใบพัดและ 4 ใบพัด

1.4.2 สามารถวิเคราะห์ข้อดี ข้อเสีย เพื่อปรับปรุงและพัฒนาให้ดียิ่งขึ้น

1.4.3 สามารถใช้ผลการทดลองเพื่อวิเคราะห์และนำไปพัฒนาต่อไป

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทที่ 2 ของวิทยานิพนธ์นี้จะกล่าวถึงเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยมีเนื้อหาประกอบไปด้วยส่วนหลักๆได้แก่ ทฤษฎีเกี่ยวกับกังหันลมผลิตไฟฟ้า สาเหตุ เพื่อเป็นกรณีศึกษา

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.2.1 เป็นบทความของ R. Billinton, และ P. Wang เป็นการนำเสนอการประเมินความน่าเชื่อถือของระบบจำหน่ายไฟฟ้า ผลกระทบต่อจุดโหลดแต่ละจุดและลดเวลาในการแก้ไขปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์ [1]

1.2.2 เป็นบทความของ P. Jahangiri และ M. Fotuhi-Firuzabad เป็นการนำเสนอการประเมินความน่าเชื่อถือในการออกแบบและวางระบบการกระจายของโหลดที่เพิ่มมาขึ้นในด้านพลังงานทางเลือก [2]

1.2.3 เป็นบทความของ W. El - Khattam, Y. G. Hegazy, และ M. M. A. Salama เป็นการนำเสนอวิธีแก้ปัญหาในการวางแผนระบบกระจาย เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการลงทุน จากการขยายของสถานีย่อยเพื่อรองรับความต้องการที่เพิ่มขึ้น [3]

1.2.4 เป็นบทความของ K. Ikeda, K. Nara, T. Ashizawa, และ Y. Hayashi เป็นการนำเสนอเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจาย เช่น กังหันลมและโซลาร์เซลล์ เซลเชื้อเพลิง จะถูกติดตั้งในระบบของพลังงานเพื่อวิเคราะห์ปัญหาการสูญเสียในเครื่องกำเนิดไฟฟ้า [4]

1.2.5 เป็นบทความของ J. Lin, H. Lin และ J. Zhang เป็นการนำเสนอเกี่ยวกับกังหันลมแนวแกนตั้งและแนวแกนนอน ประสิทธิภาพของกันหันลมแนวแกนตั้งต่ำกว่า กังหันลมแนวแกนนอน [5]

1.2.6 เป็นบทความของ M. Mosbahi, A. Ayadi, Y. Chouaibi, Z. Driss และ T. Tucciarelli, เป็นการนำเสนอเกี่ยวกับการทดลองเพื่อประเมินประสิทธิภาพของใบพัด และการกำหนดค่าที่แตกต่างกันของระบบเบี่ยงเบนที่ถูกทดสอบเป็นตัวเลขโดยใช้ซอฟต์แวร์เชิงพาณิชย์ สำหรับการผลิตไฟฟ้าในพื้นที่ชนบท [6]

1.2.7 เป็นบทความของ L. Dosiek and P. Pillay เป็นการนำเสนอเกี่ยวกับการศึกษาการเลื่อนแม่เหล็กและการปรับขั้วอาร์คแม่เหล็กไฟฟ้าให้เหมาะสมเพื่อลดแรงบิดในการวิ่งในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีแม่เหล็กถาวร [7]

2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับกังหันลมผลิตไฟฟ้า

2.2.1 พลังงานลม

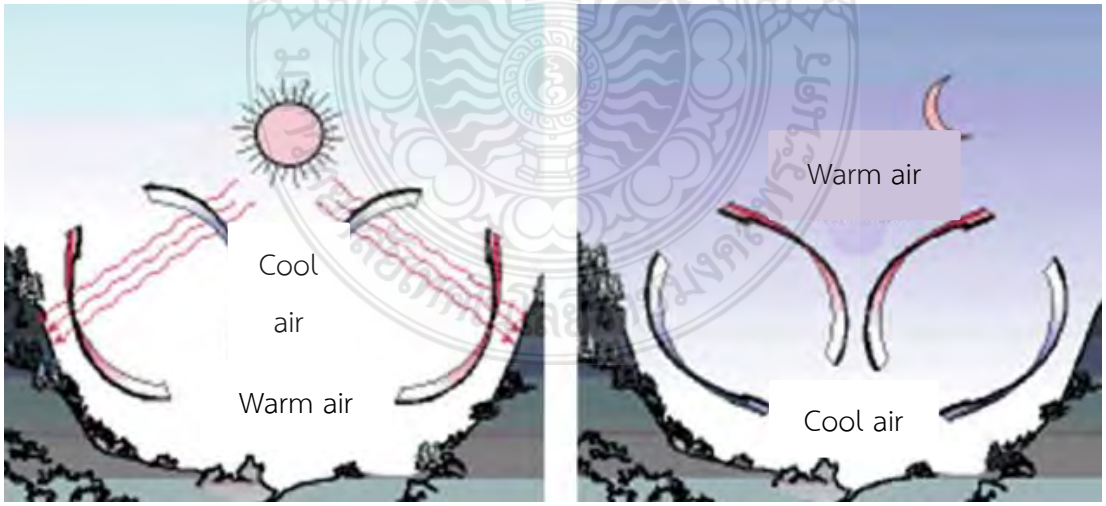
ลมเป็นปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ เกิดจากการที่พื้นที่บนโลกได้รับความร้องจากดวงอาทิตย์ไม่เท่ากัน บริเวณที่มีอุณหภูมิสูงกว่าอากาศจะร้อน มีความหนาแน่นน้อย เกิดการขยายตัวและลอยตัวสูงขึ้น ขณะเดียวกันอากาศในบริเวณที่เย็นกว่า มีความหนาแน่นกว่า หนักกว่าจะเคลื่อนเข้ามาแทนที่ทำให้เกิดการไหลของอากาศหรือที่เรียกกันทั่วไปว่า กระแสลมนั้นเอง มนุษย์เราได้ใช้ประโยชน์จากพลังงานลมมานานหลายพันปี ในการอำนวยความสะดวกสบายแก่ชีวิต เช่น การแล่นเรือใบขนส่ง

สินค้าไปได้ไกลๆ การหมุนกังหันวิดน้ำ การหมุนโม่หินบทเมล็ดพืชให้เป็นแป้ง ในปัจจุบันมนุษย์จึงได้ให้ความสำคัญและนำมาใช้ประโยชน์มากขึ้น โดยการนำมาใช้ผลิตเป็นพลังงานที่สะอาดไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสภาพแวดล้อมและสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างไม่รู้จักหมดสิ้น [8-11]

2.2.2 ลมประจำถิ่นในประเทศไทย

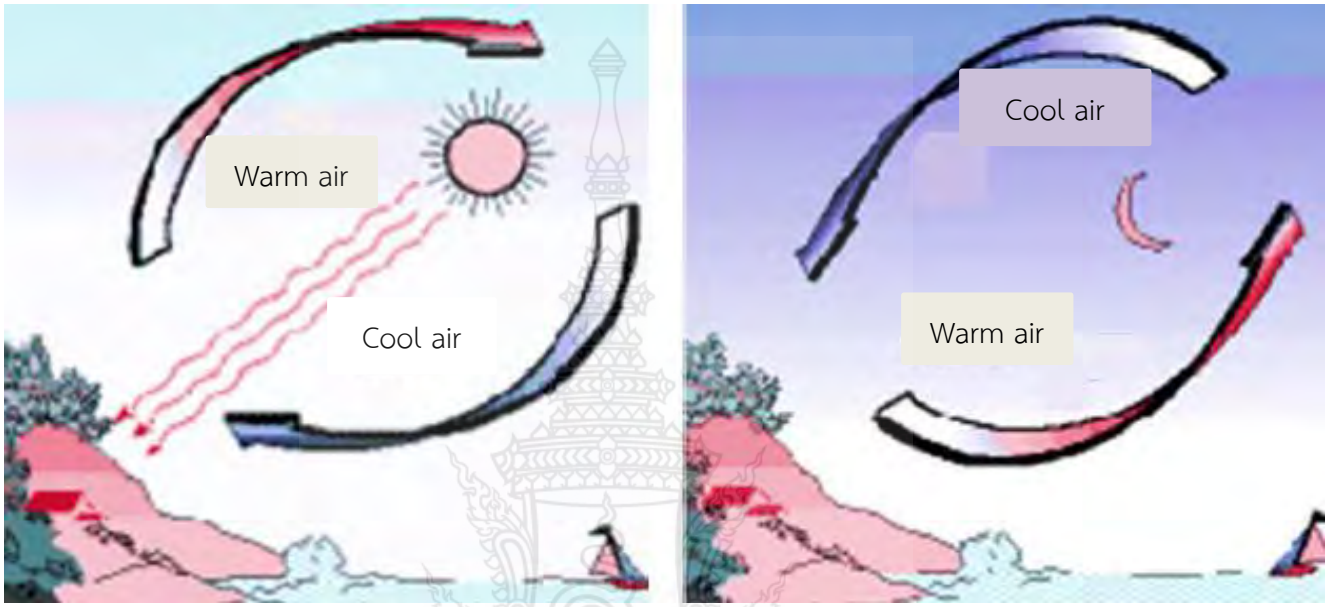
เป็นลมที่พัดอยู่ในบริเวณใดบริเวณหนึ่งโดยเฉพาะ เกิดขึ้นในบริเวณแคบๆสาเหตุการเกิดลมประจำถิ่น เนื่องมาจากความแตกต่างของความกดอากาศในบริเวณใกล้เคียงของภูมิ ประเทศในท้องถิ่นนั้นๆ เช่น พื้นที่เป็นทะเล เป็นภูเขาหรือเป็นหุบเขา เป็นต้น ลมประจำถิ่นมีอิทธิพลอย่าง มากต่อลักษณะอากาศ ณ บริเวณนั้นๆ และยังมีอิทธิพลต่อพืชและสัตว์ในบริเวณนั้นๆ ด้วย ลมประจำถิ่นที่ เกิดขึ้นในประเทศไทยมีดังนี้ [9]

2.2.2.1 ลมภูเขาและลมหุบเขา เป็นลมประจำถิ่นอีกชนิดหนึ่ง เกิดจากความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างสันเขาและหุบเขา โดยลมภูเขาจะพัดจากสันเขาลงไปสู่หุบเขาในตอนกลางคืน เนื่องจากบริเวณสันเขาอยู่ในที่สูงกว่าจึงเย็นเร็วกว่าหุบเขาดังนั้นจึงมีลมพัดลงจากยอดเขาสู่หุบเขา ส่วนลมหุบเขาจะพัดจากหุบเขาขึ้นไปสู่สันเขาโดยเกิดขึ้นในตอนกลางวัน เนื่องจากบริเวณหุบเขาเบื้องล่างจะมีอุณหภูมิต่ำกว่ายอดเขาจึงมีลมพัดขึ้นไปตามความสูงของสันเขา เกิดขึ้นเป็นประจำวัน เช่นเดียวกับลมบกและลมทะเล ซึ่งเกิดขึ้นจากความแตกต่างของความกดอากาศประเทศไทยจะได้รับอิทธิพลจากลมภูเขาและลมหุบเขาในบริเวณจังหวัดที่มีพื้นที่เป็นเขาสูง ซึ่งอยู่ในภาคเหนือและภาคตะวันตก และหากในบริเวณพื้นที่นั้นๆ มีอุณหภูมิของอากาศที่ไม่แตกต่างกันมากในแต่ละวันก็อาจจะไม่เกิดลมภูเขาและลมหุบเขา ดังแสดงในภาพที่ 2.1 [11]



ภาพที่ 2.1 การเกิดลมภูเขาและลมหุบเขา

2.2.2.2 ลมบกและลมทะเล เกิดขึ้นเนื่องจากความแตกต่างอุณหภูมิของพื้นดินและพื้นน้ำ บริเวณทะเลกับฝั่ง ที่มี คุณสมบัติของการดูดซับและคลายความร้อนที่แตกต่างกัน ในช่วง **1** รอบวันประเทศไทย จะได้รับ อิทธิพลจากลมบกลมทะเลในบริเวณจังหวัดที่มีพื้นที่ติดทะเล ทั้งทางภาคตะวันออก ภาคกลาง ภาคใต้ฝั่งอ่าวไทยและฝั่งอันดามัน ซึ่งสมัยก่อนลมนี้ได้ช่วยชาวประมงในการออกเรือหาปลา โดยใช้แรงจาก ลมบกออกเรือสู่ทะเลในตอนหัวค่ำและใช้แรงจากลมทะเลนำเรือเข้าฝั่งในตอนเช้า ดังแสดงในภาพที่ 2.2 [11]



ภาพที่ 2.2 การเกิดลมบกและลมทะเล

1.2.2.3 ลมตะเภา เป็นลมท้องถิ่นในประเทศไทย โดยลมตะเภาเป็นลมที่พัดมาจากทิศใต้ไปยังทิศเหนือคือพัดจากอ่าวไทยเข้าสู่กลางตอนล่าง พัดในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายน ซึ่ง เป็นช่วงที่ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือกำลังจะเปลี่ยนเป็นลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ เป็นลมที่นำความชื้นมาสู่ภาคกลางตอนล่างในสมัยโบราณลมนี้จะช่วยพัดเรือสำเภาซึ่งบรรทุกสินค้าเข้ามาค้าขายให้แล่นไปตามแม่น้ำเจ้าพระยา

1.2.2.4 ลมว่าง เป็นลมที่พัดจากทิศเหนือไปยังทิศใต้ เกิดในระหว่างเดือนกันยายนถึงเดือนพฤศจิกายน เป็นลมเย็นที่พัดมาตามลำน้ำเจ้าพระยาและพัดในช่วงที่ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้กำลังจะเปลี่ยนเป็นลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ หรืออาจจะเรียกว่าลมข้าวเบา เพราะพัดในช่วงที่ข้าวเบากำลังออกรวง [10-11]

2.2.3 ลมประจำฤดูในประเทศไทย

เป็นลมที่เกิดขึ้นและพัดเป็นไฟตามฤดูกาล ตามช่วงและระยะเวลาที่เกิดขึ้น ค่อนข้างแน่นอน ไดแก ลมมรสุม (Monsoon) ซึ่งพัดในทิศทางที่แน่นอน จากบริเวณที่เย็นกว่าหรือมีความกดอากาศสูง

กว่าจะเคลื่อนที่เข้ามาแทนที่ การเคลื่อนที่ของมวลอากาศนี้คือการทำให้เกิดลมนั่นเอง และจากการเคลื่อนที่ของมวลอากาศ เป็นระยะเวลานานตลอดทั้งฤดูกาลและเกิดเป็นประจำเช่นนั้นทุกๆ ป ไม่เปลี่ยนแปลง เช่น ลมมรสุมในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้เนื่องจาก ทวีปเอเชียเป็นพื้นแผ่นดินอันกว้างใหญ่และมีมหาสมุทรล้อมรอบ จึงทำให้เกิดความแตกต่างอย่างมากของ อุณหภูมิและความกดอากาศระหว่างพื้นดินและพื้นน้ำ ทำให้เกิดลมพัดเปลี่ยนเป็นไปตามฤดูกาล ดังแสดงในภาพที่ 2.3 [11]

ช่วงเดือนพฤศจิกายน-เมษายน ช่วงเดือนพฤษภาคม-ตุลาคม

ภาพที่ 2.3 สภาพอากาศและทิศทางลม

2.2.3.1 ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้หรือลมมรสุมฤดูร้อน เนื่องจากบริเวณทางใต้ของทวีปเอเชียจะอยู่ในเขตศูนย์กลางความกดอากาศต่ำในฤดูร้อน จึงทำให้เกิดลมร้อนชื้นพัดผ่านจากมหาสมุทรอินเดียและแปซิฟิกตอนใต้ในทิศทางตะวันตกเฉียงใต้เข้าสู่ทวีปเอเชียผ่านประเทศอินเดีย กลุ่มประเทศอินโดจีน และประเทศจีน ลมจะนำความร้อนและความชุมชื้นและฝนมาตกในบริเวณเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ สำหรับประเทศไทย ได้รับอิทธิพลจากมรสุมนี้ประมาณเดือนพฤษภาคมจนถึงเดือนตุลาคมของทุกปี

2.2.3.2 ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือหรือลมมรสุมฤดูหนาว เนื่องจากบริเวณทางใต้ของทวีปเอเชียจะอยู่ในเขตศูนย์กลางความกดอากาศสูงในฤดูหนาว จึงทำให้ลมเย็นและแห้งพัดจากบริเวณตอนกลางภาคพื้นทวีปในทิศทางตะวันออกเฉียงเหนือเข้าสู่หาสมุทรอินเดียและแปซิกฟิก ลมจะนำความหนาวเย็นและความแห้งแล้งผ่านบริเวณเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ สำหรับประเทศไทยได้รับอิทธิพลจากมรสุมนี้ประมาณเดือนพฤศจิกายนจนถึงเดือนเมษายนของทุกปี [5]

2.3 หลักการทำงานของกังหันลม

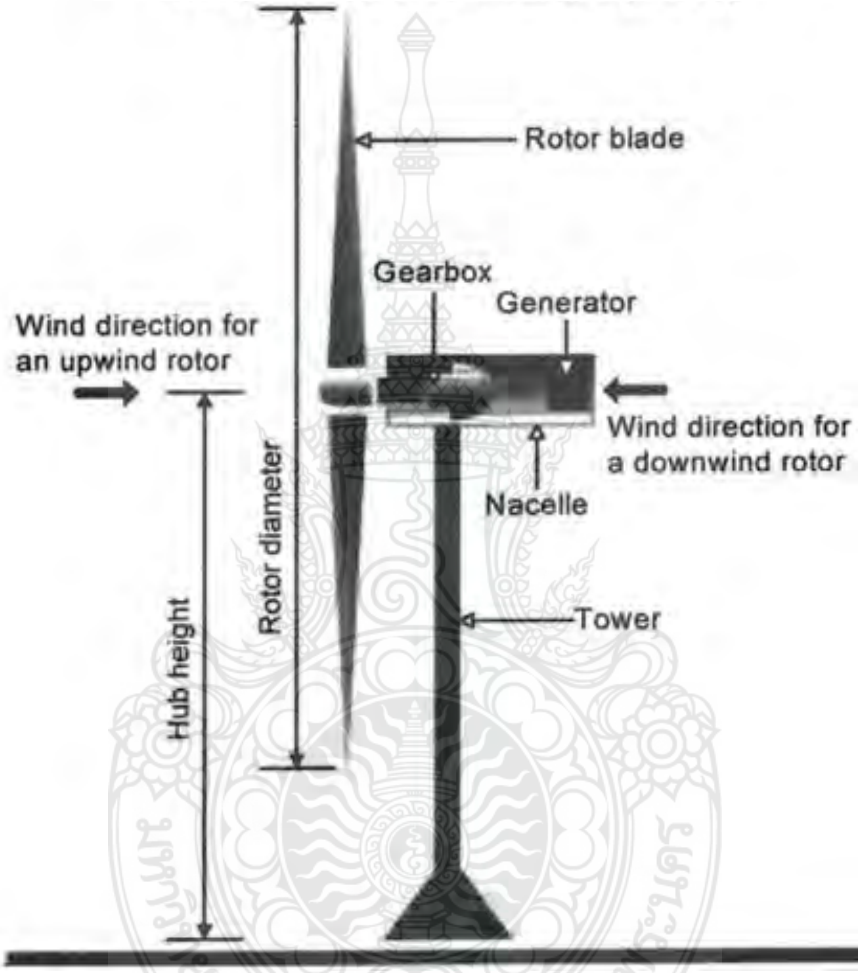
ลมที่เกิดขึ้นถูกใช้ประโยชน์จากส่วนที่อยู่ใกล้ผิวโลกหรือที่เรียกว่าลมผิวพื้น ซึ่งหมายถึงลมที่พัดในบริเวณผิวพื้นโลกภายใต้ความสูงที่ประมาณ 1 กิโลเมตรเหนือระดับพื้นดิน เป็นบริเวณพื้นที่มีการผสมผสานของอากาศกับอนุภาคอื่นๆ และมีแรงเสียดทานในระดับต่ำ โดยเริ่มต้นที่ระดับความสูงมากกว่า 10 เมตรขึ้นไปแรงเสียดทานจะลดลง ทำให้ความเร็วลมจะเพิ่มขึ้น จนกระทั่งที่ระดับความสูงใกล้ 1 กิโลเมตรเกือบไม่มีแรงเสียดทาน ความเร็วลมมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับระดับความสูง และสภาพภูมิประเทศ เช่นเดียวกันกับทิศทางของลม จากประสบการณ์ที่ผ่านมาพบว่ากังหันลมจะทำงานได้ดีหรือไม่นั้นจะขึ้นอยู่กับตัวแปรทั้งสองนี้ ที่ความเร็วลมเท่าๆ กัน แต่มีทิศทางลมที่แตกต่างกัน เมื่อลมเคลื่อนที่พุ่งเข้าหาแกนหมุนของกังหันลมแล้วจะส่งผลต่อแรงบิดของกังหันลมเป็นอย่างมาก ผลคือแรงลัพธ์ที่ได้ออกมาจากกังหันลมแตกต่างกัน ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าปัจจัยเบื้องต้นที่เป็นตัวกำหนดในการใช้พลังงานลมคือความเร็วและทิศทางของลมนั่นเอง พลังงานที่ได้รับจากกังหันลมจะมีเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับความเร็วลม แต่ความสัมพันธ์นี้ ไม่เป็นสัดส่วนโดยตรง ที่ความเร็วลมต่ำในช่วง 1–3 เมตรต่อวินาที กังหันลมจะยังไม่ทำงานจึงยังไม่สามารถผลิตไฟฟ้าออกมาได้ ที่ความเร็วลมระหว่าง 2.5–5 เมตรต่อวินาที กังหันลมจะเริ่มทำงานเรียกช่วงนี้ว่าช่วงเริ่มความเร็วลม และที่ความเร็วลมช่วงประมาณ 12–15 เมตรต่อวินาที เป็นช่วงที่เรียกว่าช่วงความเร็วลม ซึ่งเป็นช่วงที่กังหันลมทำงานอยู่บนพิกัดกำลังสูงสุดของตัวมันเอง ในช่วงที่ความเร็วลมไต่ระดับไปสู่ช่วงความเร็วลมเป็นการทำงานของกังหันลมด้วยประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งค่านี้ขึ้นอยู่กับอัตราการกระตุ้นความเร็ว และในช่วงเลยความเร็วลม เป็นช่วงที่ความเร็วลมสูงกว่า 25 เมตรต่อวินาที กังหันลมจะหยุดทำงานเนื่องจากความเร็วลมสูงเกินไปซึ่งอาจทำให้เกิดความเสียหายต่อกลไกของกังหันลมได้ สำหรับหลักการทั่วไปในการนำพลังงานลมมาใช้คือ เมื่อมีลมพัดมาปะทะกับใบพัดของกังหันลม กังหันลมจะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานลมที่อยู่ในรูปของพลังงานจลน์ไปเป็นพลังงานกลโดยการหมุนของใบพัด แรงจากการหมุนของใบพัดนี้จะถูกส่งผ่านแกนหมุนทำให้เฟืองเกียร์ที่ติดอยู่กับแกนหมุนเกิดการหมุนตามไปด้วย พลังงานกลที่ได้จากการหมุนของเฟืองเกียร์นี่เองที่ถูกประยุกต์ใช้ประโยชน์ตามความต้องการ เช่น ในกรณีที่ต้องการใช้กังหันลมเพื่อการผลิตไฟฟ้าจะต่อ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเข้าไป ซึ่งเมื่อเฟืองเกียร์ของกังหันลมเกิดการหมุนจะไปขับเคลื่อนให้แกนหมุนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหมุนตามไปด้วย ด้วยหลักการนี้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าก็สามารถผลิตกระแส ไฟฟ้าออกมาได้ [12]

2.4 ประเภทกังหันลม

กังหันลมโดยทั่วไปจะมีรูปแบบพื้นฐานหลักๆ คล้ายๆกัน แต่อาจแตกต่างกันบ้างในส่วนของรายละเอียด ดังนั้นการแบ่งประเภทของกังหันลมมักจะยึดเอาลักษณะการวางตัวของแกนเพลาของกังหันลมเป็นหลัก ซึ่งประเภทหลักๆของกังหันลมสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือกังหันลมที่มีแกนเพลาอยู่ในแนวนอน เป็นกังหันลมที่มีแกนหมุนขนานกับทิศทางของลมโดยมีใบพัดเป็นตัวตั้งฉากรับแรงลม ทำหน้าที่รับแรงลมที่เคลื่อนตัวมากระทบทำให้เกิดการหมุนของ ใบพัดโดยกังหันลมชนิด

แกนหมุนแนวนอนแบบสามใบพัดซึ่งมีการพัฒนามา อย่างต่อเนื่องเป็นกังหันลมที่ได้รับความนิยมใช้งานในเชิงพาณิชย์มากที่สุด เนื่องจากการพัฒนากังหันลมผลิตไฟฟ้าที่เป็นกังหันลมแกนหมุนแนวตั้งปัจจุบันมีการติดตั้งใช้งาน น้อยมากต่างจาก กังหันลมแกนหมุนแนวนอน ซึ่งมีการพัฒนามาอย่างต่อเนื่อง เป็นกังหันลมที่ได้รับความ นิยมใช้งานในเชิงพาณิชย์มากที่สุด ดังแสดงในภาพที่ 2.4 [11]

Horizontal – Axis Wind Turbine (HAWT)

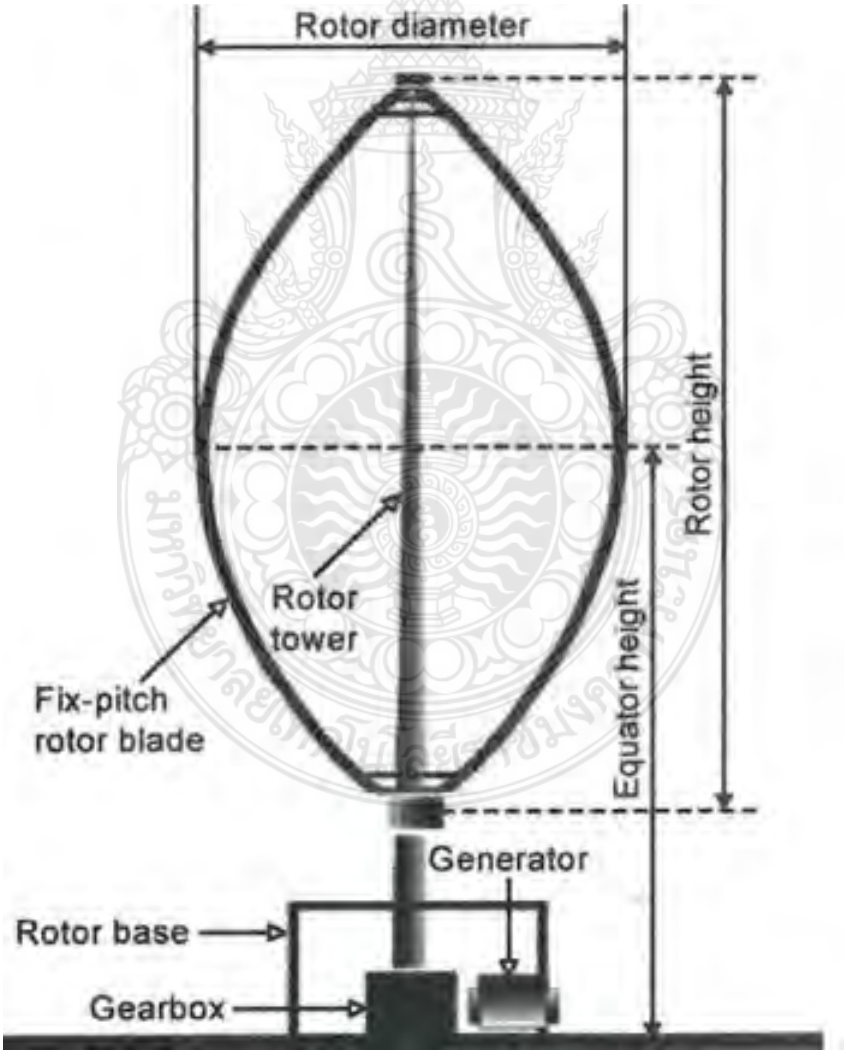


ภาพที่ 2.4 กังหันลมแนวแกนนอน

กังหันลมที่มีแกนเพลาอยู่ในแนวแกนตั้ง โดยทั่วไปจะประกอบด้วยส่วนประกอบหลักๆ คือ ใบพัด ระบบถ่ายทอดกำลังจากใบพัด อย่างไรก็ตามในส่วนรายละเอียดของส่วนประกอบของกังหันลมจะขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์การใช้งานของกังหันลมนั้น เมื่อลมพัดปะทะใบก็จะหมุนรับแรงลมได้ทุกทิศทาง แต่กระแสลมที่ปะทะกับใบพัดร้อยละ 50 เท่านั้น ทำให้มีประสิทธิภาพต่ำกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับแนวแกนนอน แต่ด้วยไม่ต้องมีหางเสือหมุนรับทิศทางของลม ทำให้กังหันลมแนวแกนตั้งมีระบบการทำงานที่มีความซับซ้อนต่ำ กังหันลมแนวแกนตั้งมีการแบ่งตามลักษณะทางกายภาพ

มี 2 ชนิด คือ กังหันลม ดาร์เรียส (Darrieus) ซึ่งประดิษฐ์ขึ้นครั้งแรกในประเทศฝรั่งเศส และกังหันลม ซาโวเนียส (Savonius) ซึ่งประดิษฐ์ขึ้นครั้งแรกในประเทศฟินแลนด์ ข้อดีของกังหันลมซาโวเนียสคือ เริ่มหมุนที่รวดเร็ว แต่แรงบิด (Torque) ที่ต่ำ ความนิยมนำไปใช้ กับใบพัดของเครื่องวัดความเร็วลม ในขณะเดียวกันกังหันลมแบบ ดาร์เรียส มีโครงสร้างทางกายภาพเป็นแผ่นใบติดตั้งล้อมรอบเพลา แกนกลาง ข้อดีคือ ให้แรงบิตที่สูง แต่มีข้อเสียคือ การเริ่มหมุนของใบพัดช้า เนื่องจากพื้นที่รับลมที่ น้อยกว่า ดังนั้นกังหันลมแบบแนวแกนตั้ง ซึ่งมีการพัฒนาจึงอยู่ในวงจำกัดและมีความไมต่อเนื่อง เนื่องจากการพัฒนากังหันลมผลิตไฟฟ้าที่เป็นกังหันลมแกนหมุนแนวตั้ง ปัจจุบันมีการติดตั้งใช้งาน น้อยมากต่างจากกังหันลมแกนหมุนแนวนอน ซึ่งมีการพัฒนามาอย่างต่อเนื่องเป็นกังหันลมที่ได้รับ ความนิยมใช้งานในเชิงพาณิชย์มากที่สุด ดังแสดงในภาพที่ 2.5 [10-11][13]

Vertical – Axis Wind Turbine (VAWT)



ภาพที่ 2.5 กังหันลมแนวแกนตั้ง

2.5 กังหันลมผลิตไฟฟ้า สำหรับที่พักอาศัย

กังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กเหมาะสำหรับบ้านพักอาศัยและกิจการขนาดเล็ก สามารถแบ่งเป็นระบบ กลุ่มย่อยได้อีกตามรูปแบบการใช้งาน ดังนี้

2.5.1 กังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาดจิ๋ว (Micro wind turbine) จะมีขนาดระบบการผลิตไฟฟ้าที่เล็กกว่า 200 วัตต์ เพื่อใช้กับงานหรืออุปกรณ์ไฟฟ้าที่วัตต์ต่ำหรือกินไฟน้อย อาทิ ไฟฟ้าแสงสว่าง วิทยุ พัดลม ชาร์ตโทรศัพท์ เป็นต้น

2.5.2 กังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก (Mini wind turbine) จะมีขนาดระบบการผลิตไฟฟ้าตั้งแต่ 200 วัตต์ ถึง 1,500 วัตต์ เพื่อใช้กับงานหรืออุปกรณ์ที่ต้องการกำลังในการขับเคลื่อน อาทิ เครื่องสูบน้ำ ระบบไฟฟ้าฉุกเฉิน เครื่องแชแข็งสำหรับพื้นที่ห่างไกล ระบบแสงสว่าง

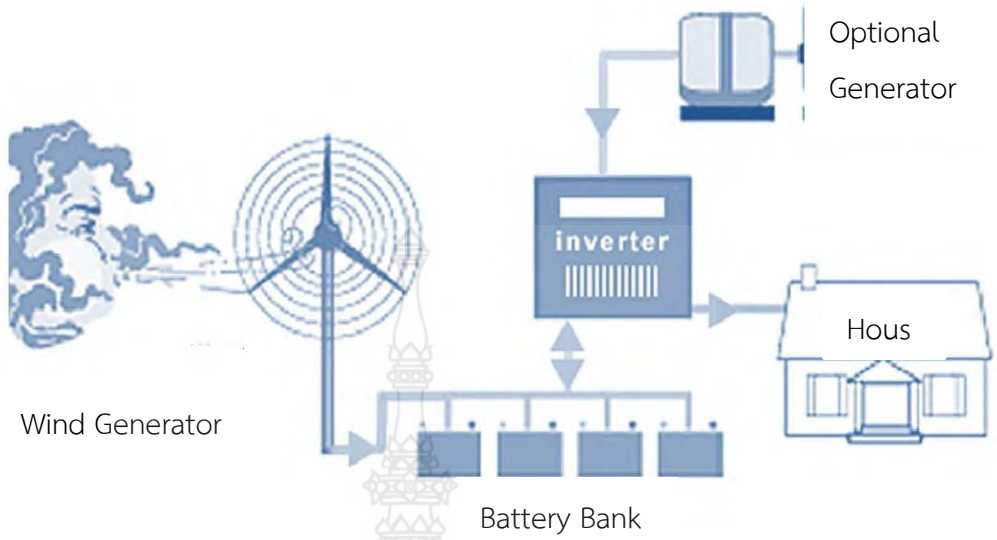
2.5.3 กังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก (Small wind turbine)จะมีขนาดระบบการผลิตไฟฟ้าตั้งแต่ 1.5 กิโลวัตต์ ถึง 20 กิโลวัตต์ เพื่อใช้ผลิตไฟฟ้าขนานเข้ากับระบบสายส่งหรือจัดเก็บไฟฟ้าสำรอง ไว้ในแบตเตอรี่ [8][11]

2.6 การเลือกกังหันลมเพื่อใช้งาน

แบงออกได้เป็น 2 ชนิด ได้แก กังหันลมผลิตไฟฟ้าระบบการติดตั้งแบบเดี่ยว (Stand Alone System) และระบบการติดตั้งแบบเชื่อมต่อเข้าสู่ระบบสายส่ง (Grid Connected System) โดยระบบการเชื่อมต่อทั้งสองแบบ จะมีทั้งข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกัน รวมทั้งยังมีข้อจำกัดและปัจจัยอื่นๆ อีกหลายประการในการพิจารณา ดังนั้นก่อนการตัดสินใจ จึงจำเป็นจะต้องมีการศึกษาอย่างรอบคอบในการเลือกระบบของการติดตั้งให้เหมาะสม

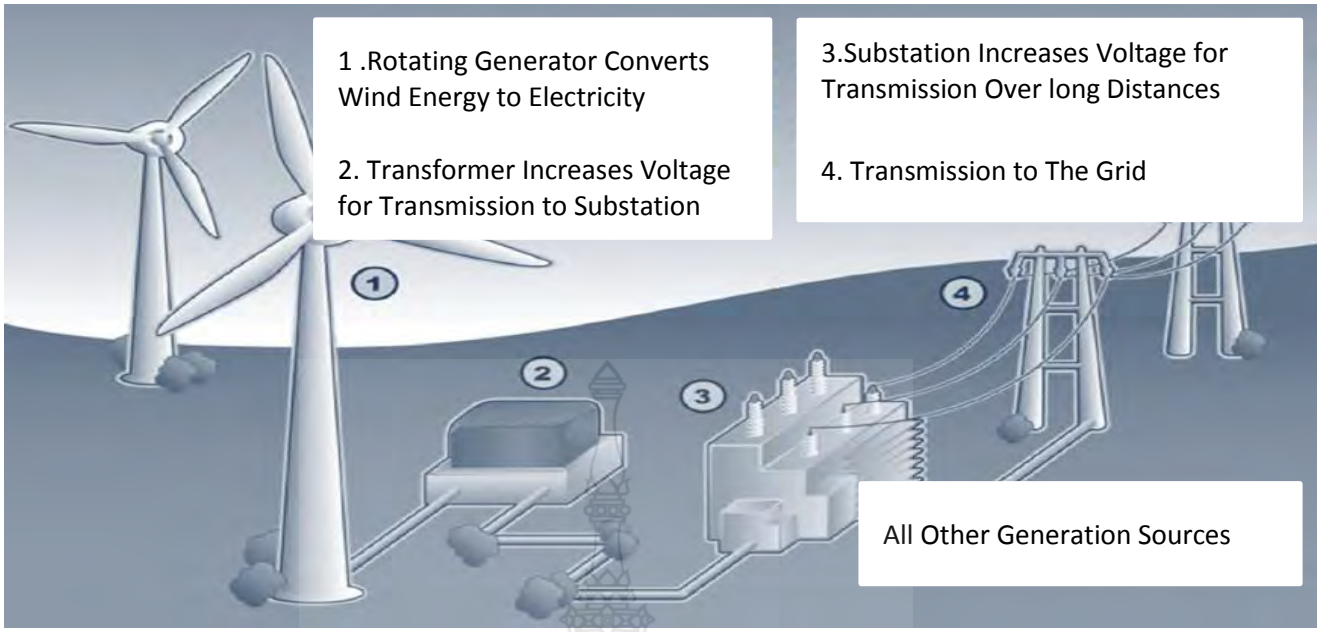
2.6.1 กังหันลมผลิตไฟฟ้าระบบการติดตั้งแบบเดี่ยว (Stand Alone System) ระบบนี้เหมาะสำหรับการติดตั้งใช้งานในที่พักอาศัย ชุมชนหรือพื้นที่ที่ ห่างไกล จากระบบสายส่งหลัก เช่นบนเกาะหรือชนบท ห่างไกลที่ระบบสายส่งเข้าไปไมถึงและไมคุ้มค่ากับการติดตั้ง ระบบสายส่งเข่าไปสู่พื้นที่ที่ต้องการใช้งาน โดยในระบบการ ติดตั้งแบบเดี่ยวนั้นจะต้องใช้แบตเตอรี่เป็นชุดจัดเก็บประจุไฟฟ้าสำหรับเป็นที่เก็บพลังงานซึ่งอาจเป็นระบบการผลิต ไฟฟ้าแรงดันตั้งแต่ 12-48 โวลต์ แล้วเก็บพลังงานที่ได่เข้าไว้ ในแบตเตอรี่โดยการทำงานจะต้องมีความสัมพันธ์กันได่ดี และเหมาะสมกับระบบควบคุมการทำงานของกังหันลม เพื่อควบคุมแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าให้เป็นไป ตามความต้องการที่ความเร็วลมต่างกันออกไป นอกจากนี้ระบบควบคุมการทำงานของกังหันลมยังมีระบบ ปองกันตัวเอง (Self-protection) ซึ่งการทำงานคูกันระหว่างระบบทางกลและระบบทางไฟฟ้า ต่องมีความ เหมาะสมตามที่บริษัทผู้ผลิตได่ออกแบบไว่ การใช้ไฟฟ้าในระบบนี้ สามารถนำไฟฟ้าไปใช้ได่กับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC) ได่โดยตรง และ ระบบไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) โดยหากต้องการใช้ไฟฟ้าในระบบกระแสสลับก็จะต้องมีอุปกรณ์หรือตัวแปลง ไฟฟ้า (Inverter) จากไฟฟ้ากระแสตรงในแบตเตอรี่ เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (DC/AC) ก่อนนำไปใช้งาน โดย อุปกรณ์แปลงไฟฟ้าในแต่ละรุ่นจะ

ทำงานแตกต่างกันออกไปตามความสามารถและภาระทางไฟฟ้าที่นำไปใช้งาน ดังแสดงในภาพที่ 2.6 [9][11]



ภาพที่ 2.6 การติดตั้งใช้งานแบบเดี่ยว

2.6.2 ระบบการติดตั้งใช้งานแบบเชื่อมต่อเข้าสู่ระบบสายส่ง (Grid Connected System) การติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้าในระบบนี้ส่วนใหญ่เป็นการติดตั้งใช้งานในกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาดใหญ่ ซึ่งจะทำการเชื่อมต่อ กับระบบสายส่งไฟฟ้าโดยตรง โดยไม่จำเป็นที่จะต้องมีชุดเก็บพลังงานหรือแบตเตอรี่ (Battery Bank) โดยชุดแปลงไฟฟ้า (Inverter) ของระบบนี้จะมีราคาสูงกว่าชุดแปลงไฟฟ้าทั่วๆ ไป เนื่องจากมีระบบควบคุมที่ซับซ้อนและต้องสามารถเชื่อมต่อเข่าระบบสายส่งได (Grid Tie Transfer) นอกจากนั้นชุดแปลงไฟฟ้าของระบบนี้ยังมีหน้าที่สำคัญที่จะต้อง ควบคุมแรงดันหรือความถี่ทางไฟฟ้าให้เหมาะสมและสามารถป้อนกระแสไฟฟ้าขนานไปกับ ไฟฟ้าจากสายส่งหลักได้ ดังนั้นหากต้องการใช้ไฟฟ้ากระแสสลับก็ต้องมีการคำนวณภาระทางไฟฟ้าที่จะใช้งานเพื่อการเลือกซื้อกา อุปกรณ์ไฟฟ้า ให้มีความเหมาะสมในพื้นที [11-13]



ภาพที่ 2.7 การติดตั้งใช้งานแบบเชื่อมต่อเข้าสู่ระบบสายส่ง

บทที่ 3
วิธีดำเนินการ

ในบทนี้จะนำเสนอวิธีการสร้างกังหันลมแนวแกนตั้งแบบที่มี 3 ใบพัด และ แบบที่มี 4 ใบพัด เพื่อใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพไฟฟ้า ขณะที่มีการต่อโหลดเข้าในระบบจำหน่าย และ ไม่มีการต่อโหลดเข้าในระบบจำหน่าย ใช้เป็นกรณีศึกษา

3.1 การออกแบบกังหันลมผลิตไฟฟ้าในระบบจำหน่าย

ส่วนของกังหันลมกังหันลมโดยทั่วไปจะมีรูปแบบพื้นฐานหลักๆคล้ายๆกัน แต่อาจแตกต่างกันบ้างในส่วนของรายละเอียด ดังนั้นการแบ่งประเภทของกังหันลมมักจะยึดเอาลักษณะการวางตัวของแกนเพลาของกังหันลมเป็นหลัก ซึ่งประเภทหลักๆของกังหันลมที่มีแกนเพลาอยู่ในแนวตั้งนั้น ใบพัดจะรับแรงลมทำให้ใบพัดเคลื่อนที่ ทำให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าผลิตไฟฟ้าออกมา เพื่อส่งไปยังโหลดในระบบจำหน่าย โดยการจำลองกังหันลมผลิตไฟฟ้าในระบบจำหน่าย เพื่อวิเคราะห์คุณภาพไฟฟ้าในระบบจำหน่าย ของกันหันลมที่มี 3 ใบพัด และกังหันลมที่มี 4 ใบพัด ดังแสดงในภาพที่ 3.1

ภาพที่ 3.1 ผังการทำงานของกังหันลมผลิตไฟฟ้าในระบบจำหน่าย

3.2 ส่วนประกอบของกังหันลมผลิตไฟฟ้า

กังหันลมโดยทั่วไปจะประกอบด้วยส่วนประกอบหลักๆ คือ ใบพัด ระบบถ่ายทอดกำลังจากใบพัดชุดควบคุมการบังคับทิศทางของใบพัด อย่างไรก็ตามในส่วนรายละเอียดของส่วนประกอบของกังหันลมจะขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์การใช้งานของกังหันลมนั้น เช่น ถ้าเป็นกังหันลมที่มีวัตถุประสงค์เพื่อการผลิตไฟฟ้าก็จะมีส่วนประกอบ รายละเอียด และเทคโนโลยีที่ซับซ้อนกว่ากังหันลมที่ใช้สำหรับการสูบน้ำ อย่างไรก็ตามเพื่อให้

เกิดความเข้าใจในความแตกต่างของส่วนประกอบของกังหันลมแต่ละชนิด ในที่นี้จึงขอแยกกล่าวถึงส่วนประกอบของกังหันลมผลิตไฟฟ้าแนวแกนตั้งที่มี 3 ใบพัด และ 4 ใบ

3.2.1 กังหันลมผลิตไฟฟ้าแนวแกนตั้งที่มี 3 ใบพัด

ทำมาจากแผ่นสังกะสี เป็นตัวรับพลังงานลมและเปลี่ยนให้เป็นพลังงานกลในการขับเคลื่อนแกนหมุน ขนาดของใบพัด ความยาว 35 เซนติเมตร ความสูง 70 เซนติเมตร ดังแสดงในภาพที่ 3.2

ภาพที่ 3.2 กังหันลมที่มี 3 ใบพัด

3.2.2 กังหันลมผลิตไฟฟ้าแนวแกนตั้งที่มี 4 ใบพัด

ทำมาจากแผ่นสังกะสี เป็นตัวรับพลังงานลมและเปลี่ยนให้เป็นพลังงานกลในการขับเคลื่อนแกนหมุน ขนาดของใบพัด ความยาว 35 เซนติเมตร ความสูง 70 เซนติเมตร ดังแสดงในภาพที่ 3.3

ภาพที่ 3.3 กังหันลมที่มี 4 ใบพัด

3.2.3 ฐานและเพลาแกนยึดใบพัด

ทำมาจากเหล็กกล่องขนาด 2 นิ้ว เพลาแกนยึดใบพัด ขนาดยาว 1 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง ขนาด 0.8 เซนติเมตร ใช้ยึดติดกับเฟืองไปปั่นเฟืองของตัวเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ดังแสดงในภาพที่ 3.4

ภาพที่ 3.4 ฐานและเพลาแกนยึดใบพัด

3.2.4 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานกลที่ถูกส่งมาจากเพลาแกนหมุนของใบพัดเป็นพลังงานไฟฟ้า ขนาด DC 60 W. Min 150 rpm 17 Vdc. Max 1500 rpm 170 vdc โดยหลักการ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าประกอบด้วยโรเตอร มีแท่งแม่เหล็กหลายๆแท่ง ถ้าไม่บิตร่องแม่เหล็ก เส้นแรงแม่เหล็กจะสามารถเหนี่ยวนำกับขดลวดได้โดยตรง ไปยังส่วนที่เป็นสเตเตอร์ ทำให้ขดลวดเกิดกระแสไฟฟ้าตามหลักการของฟาราเดย์ ตามสมการที่ 1 เมื่อεคือแรงเคลื่อนที่ไฟฟ้ามีหน่วยเป็นโวลต์ และ dB คือ เส้นแรงแม่เหล็กวิ่งผ่านพื้นที่หนึ่ง (A) ถ้าพื้นที่ A วางอยู่ในสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอ B เส้นแรงแม่เหล็กที่วิ่งผ่านพื้นที่ A มีค่าเท่ากับ ABCOSφโดยที่φมุมระหว่างเวกเตอร์พื้นที่ A กับสนามแม่เหล็ก ดังสมการที่ 2 ดังนั้น การบิดร่องแม่เหล็ก คือการเปลี่ยนขนาดพื้นที่ A ของเส้นแรงแม่เหล็กที่วิ่งผ่านช่องว่างอากาศ Ø ให้มีขนาดน้อยลงเมื่อหมุนตัดกันระหว่างโรเตอร์และสเตเตอร์ ตามสมการที่ 3 ทำให้ลด T แรงดึงเส้นแรงแม่เหล็กขณะเริ่มหมุนได้อย่างเหมาะสม ดังแสดงในภาพที่ 3.5 [6-7][12-13]

$$\varepsilon = -\frac{\mathrm{ddB}}{\mathrm{dt}} \quad (1)$$

$$\varepsilon = -\frac{\mathrm{dBA}\cos\varphi}{\mathrm{dt}} \quad (2)$$

$$\mathrm{T} = -\frac{1}{2}\,\emptyset_g^2\,\frac{\mathrm{d}R}{\mathrm{d}\theta} \quad (3)$$

ภาพที่ 3.5 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

3.2.5 โหลดในระบบจำหน่าย

ทำหน้าเป็นเหมือนเปรียบเสมือน ผู้ใช้งานพลังงานไฟฟ้าที่มีแหล่งผลิตไฟฟ้าพลังงานลม โดยใช้หลอดไฟ ขนาด 12 โวลต์ 10 วัตต์ และ 12 โวลต์ 3 วัตต์ ดังแสดงในภาพที่ 3.6

ภาพที่ 3.6 หลอดไฟ 12 โวลต์ 10 วัตต์ และ 12 โวลต์ 10 วัตต์

3.3 การทดสอบกังหันลมผลิตไฟฟ้าในระบบจำหน่ายแบบที่มี 3 ใบพัด

ทำการทดสอบกับพัดลมแอร์บ้าน ทำการวัดความเร็วลมใน 2 กรณี คือ กรณีไม่ต่อโหลดในระบบจำหน่ายเปรียบเทียบกับค่าความต่างศักย์ (V) และความเร็วลม (m/s) และในกรณีต่อโหลดในระบบจำหน่ายเปรียบเทียบค่าความต่างศักย์ (V) และความเร็วลม (m/s) ที่มีความเร็วลมที่ 5 m/s ดังแสดงในภาพที่ 3.7 และ ดังแสดงในภาพที่ 3.8

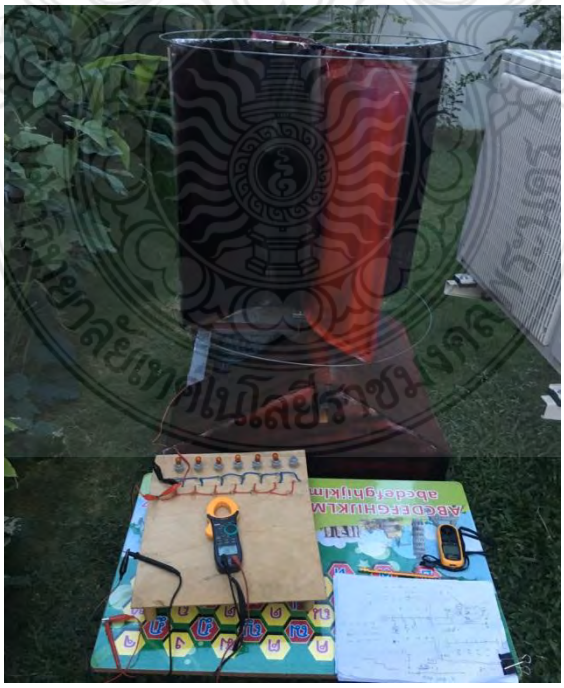
ภาพที่ 3.7 การทดสอบกังหันลมผลิตไฟฟ้าขณะไม่มีโหลดในระบบจำหน่าย 3 ใบพัด

ภาพที่ 3.8 การทดสอบกังหันลมผลิตไฟฟ้าขณะมีโหลดในระบบจำหน่าย 3 ใบพัด

3.4 การทดสอบกังหันลมผลิตไฟฟ้าแบบที่มี 4 ใบพัด

ทำการทดสอบกับพัดลมแอร์บ้าน ทำการวัดความเร็วลมใน 2 กรณีคือ กรณีไม่ต่อโหลดในระบบจำหน่ายเปรียบเทียบกับค่าความต่างศักย์ (V) และความเร็วลม (m/s) และในกรณีต่อโหลดในระบบจำหน่ายเปรียบเทียบค่าความต่างศักย์ (V) และความเร็วลม (m/s) ที่มีความเร็วลมที่ 5 m/s ดังแสดงในภาพที่ 3.9 และ ดังแสดงในภาพที่ 3.10

ภาพที่ 3.9 การทดสอบกังหันลมผลิตไฟฟ้าขณะไม่มีโหลดในระบบจำหน่าย 4 ใบพัด



ภาพที่ 3.10 การทดสอบกังหันลมผลิตไฟฟ้าขณะมีโหลดในระบบจำหน่าย 4 ใบพัด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

บทที่ 4
การวิเคราะห์และผลการทดสอบ

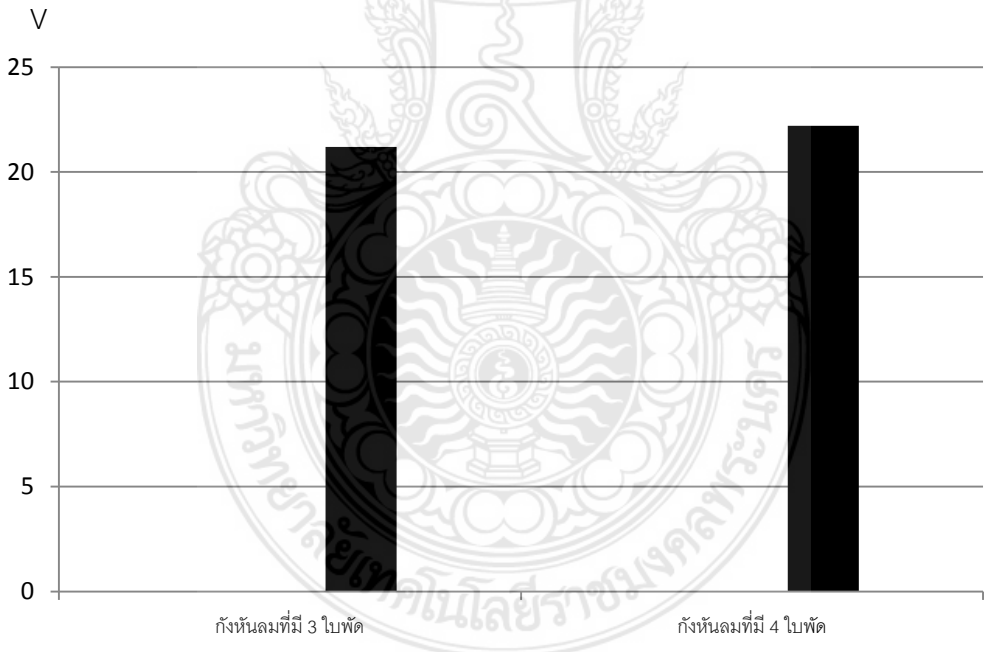
ในบทนี้จะนำเสนอการวิเคราะห์คุณภาพฟ้าและผลการทดสอบกังหันลมผลิตไฟฟ้าในระบบจำหน่าย แบบที่มี 3 ใบพัด และ 4 ใบพัด

4.1 ผลการทดสอบ

การทดลองกับกังหันลมทีมี 3 ใบพัด และ 4 ใบพัด กรณีไม่มีโหลดในระบบจำหน่าย ค่าแรงดันของกันหันลมที่มี 3 ใบพัด มีค่าเท่ากับ 21.2 โวลต์ ค่าแรงดันน้อยกว่า กังหันลมขนาด 4 ใบพัดอยู่ที่ 1 โวลต์ โดยความเร็วลมอยู่ที่ 5 m/s ดังแสดงในตารางที่ 4.1 และ ในภาพที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ค่าแรงดัน กรณีที่ 1 ไม่มีโหลดในระบบจำหน่าย

ชนิดของกังหันลม	แรงดัน (V)
แบบ 3 ใบพัด	21.20
แบบ 4 ใบพัด	22.20

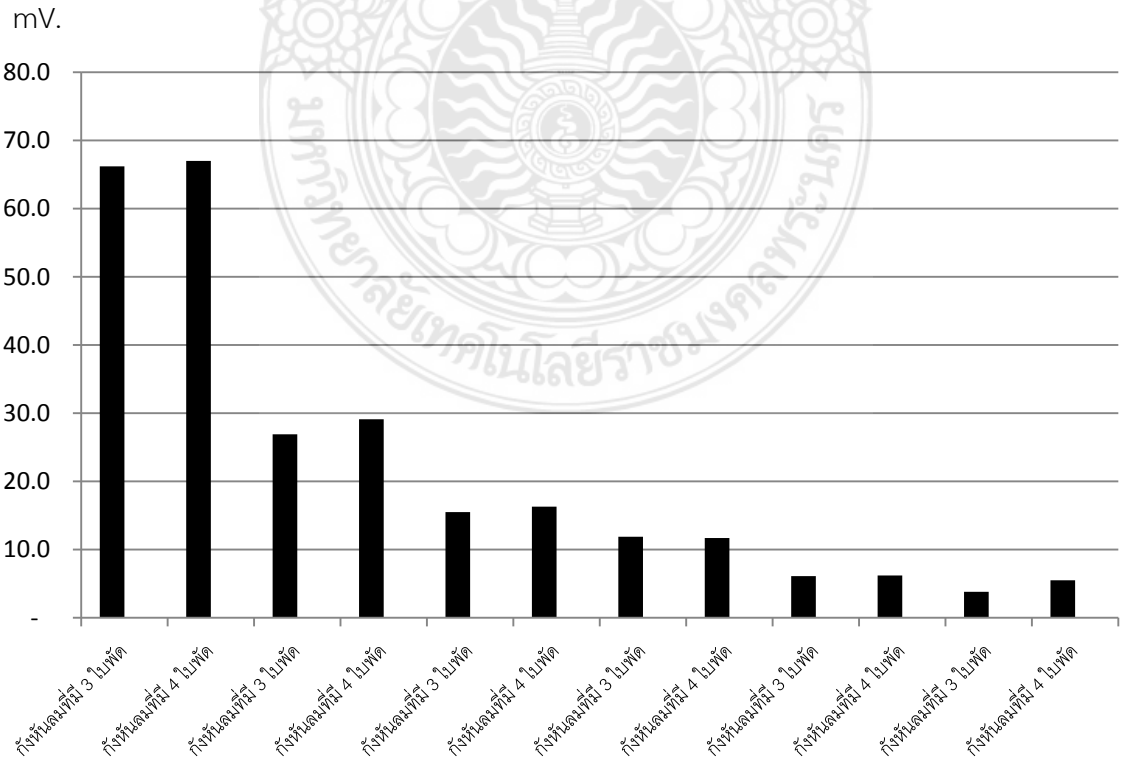


ภาพที่ 4.1 ค่าแรงดัน กรณีที่ 1 ไม่มีโหลดในระบบจำหน่าย

การทดลองกับกังหันลมทีมี 3 ใบพัด และ 4 ใบพัด กรณีมีโหลดในระบบจำหน่าย ขนาดของโหลดอยู่ที่ 10 วัตต์ 20 วัตต์ 30 วัตต์ 40 วัตต์ 50 วัตต์ 60 วัตต์ ค่าแรงดันของกันหันลมที่มี 3 ใบพัด ค่าแรงดันน้อยกว่า กังหันลมขนาด 4 ใบพัด โดยความเร็วลมอยู่ที่ 5 m/s ดังแสดงในตารางที่ 4.2 และ ในภาพที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ค่าแรงดัน กรณีที่ 2 มีโหลดในระบบจำหน่าย

แบบจำลองโหลดในระบบจำหน่าย (W)	ชนิดของกังหันลม	แรงดัน (mv)
10	แบบ 3 ใบพัด	66.2
10	แบบ 4 ใบพัด	67.0
20	แบบ 3 ใบพัด	26.9
20	แบบ 4 ใบพัด	29.1
30	แบบ 3 ใบพัด	15.5
30	แบบ 4 ใบพัด	16.3
40	แบบ 3 ใบพัด	11.9
40	แบบ 4 ใบพัด	11.7
50	แบบ 3 ใบพัด	6.1
50	แบบ 4 ใบพัด	6.2
60	แบบ 3 ใบพัด	3.8
60	แบบ 4 ใบพัด	5.5

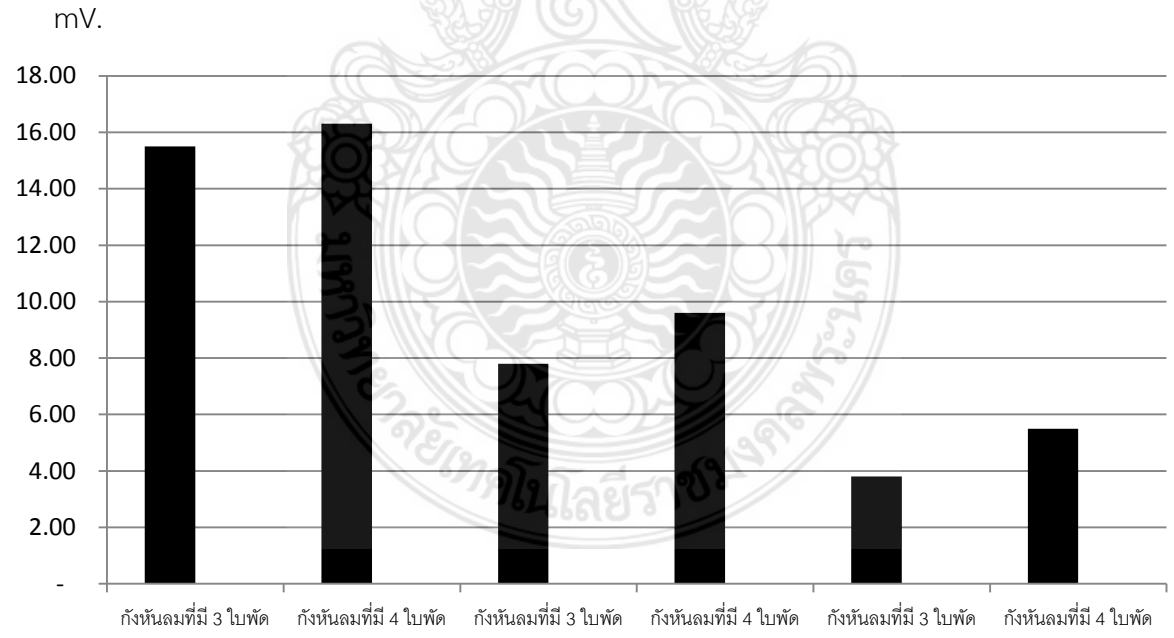


ภาพที่ 4.2 ค่าแรงดัน กรณีที่ 2 มีโหลดในระบบจำหน่าย

การทดลองกับกังหันลมทีมี 3 ใบพัด และ 4 ใบพัด กรณีมีโหลดในระบบจำหน่าย ขนาดของโหลดอยู่ที่ 30 วัตต์ 48 วัตต์ 60 วัตต์ เมื่อ เทียบกับกำลังผลิตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันลม ค่าแรงดันของกันหันลมที่มี 3 ใบพัด มีค่าแรงดันน้อยกว่า กังหันลมขนาด 4 ใบพัด โดยความเร็วลมอยู่ที่ 5 m/s ดังแสดงในตารางที่ 4.3 และ ในภาพที่ 4.3

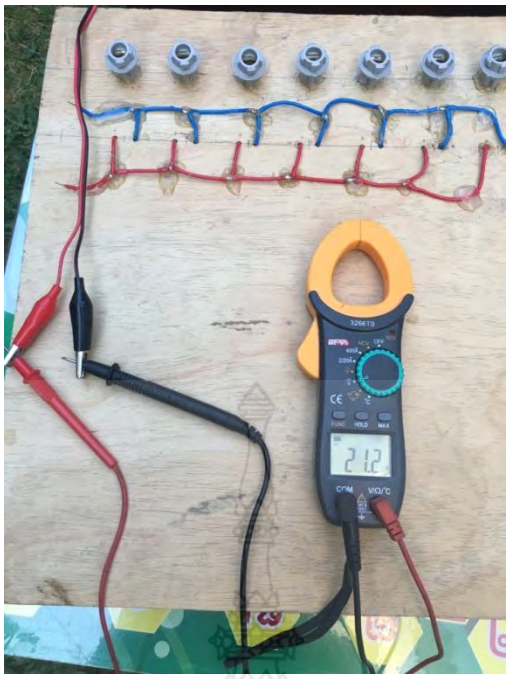
ตารางที่ 4.3 ค่าแรงดัน กรณีที่ 3 มีโหลดในระบบจำหน่ายระดับ ร้อยละ 50 80 และ 100 เมื่อเทียบกับกำลังผลิตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันลม

แบบจำลองโหลดในระบบจำหน่าย (W)	**ชนิดของกังหันลม**	**แรงดัน (mv)**
30 W ร้อยละ 50	แบบ 3 ใบพัด	15.50
30 W ร้อยละ 50	แบบ 4 ใบพัด	16.30
48 W ร้อยละ 80	แบบ 3 ใบพัด	7.80
48 W ร้อยละ 80	แบบ 4 ใบพัด	9.60
60 W ร้อยละ 100	แบบ 3 ใบพัด	3.80
60 W ร้อยละ 100	แบบ 4 ใบพัด	5.50



ภาพที่ 4.3 ค่าแรงดัน กรณีที่ 3 มีโหลดในระบบจำหน่ายระดับ ร้อยละ 50 80 และ 100 เมื่อ เทียบกับกำลังผลิตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันลม

เครื่องมือที่ใช้ในการวัดค่าแรงดันในการทดลองกับกังหันลมทีมี 3 ใบพัด และ 4 ใบพัด กรณีไม่มีโหลดในระบบจำหน่าย และ กรณีมีโหลดในระบบจำหน่าย เครื่องมือวัด NPV 3266TB ดังแสดงในภาพที่ 4.4

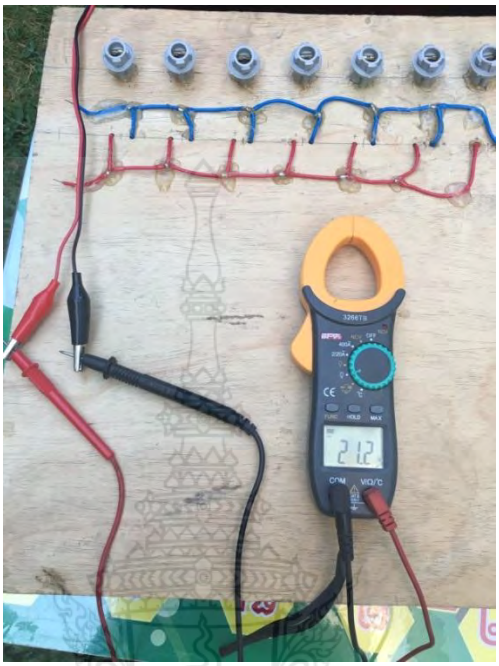


ภาพที่ 4.4 เครื่องมือวัดค่าแรงดัน

เครื่องมือที่ใช้ในการวัดค่าแรงลมในการทดลองกับกังหันลมทีมี 3 ใบพัด และ 4 ใบพัด ที่ความเร็วลมที่ 5 m/s เครื่องมือวัดแรงลม Digital Anemometer GM816 ดังแสดงในภาพที่ 4.5

ภาพที่ 4.5 เครื่องมือวัดค่าแรงลม

กรณีไม่มีโหลดในระบบจำหน่าย กังหันลมแนวแกนตั้งแบบที่มี 3 ใบพัด ที่ความเร็วลม 5 m/s จะเห็นได้ว่าค่าแรงดันมีค่าน้อยกว่า กังหันลมแนวแกนตั้งแบบที่มี 4 ใบพัด ดังแสดงในภาพที่ 4.6 และ ดังแสดงในภาพที่ 4.7



ภาพที่ 4.6 ค่าแรงดัน 21.2 V กรณีไม่มีโหลดในระบบจำหน่าย ของกังหันลมที่มี 3 ใบพัด

ภาพที่ 4.7 ค่าแรงดัน 21.2 V กรณีไม่มีโหลดในระบบจำหน่าย ของกังหันลมที่มี 4 ใบพัด

กรณีมีโหลดในระบบจำหน่าย กังหันลมแนวแกนตั้งแบบที่มี 3 ใบพัด ที่ความเร็วลม 5 m/s จะเห็นได้ว่าค่าแรงดันก็ยังมีค่าน้อยกว่า กังหันลมแนวแกนตั้งแบบที่มี 4 ใบพัด เพียงเล็กน้อย ดังแสดงในภาพที่ 4.8

ภาพที่ 4.8 ค่าแรงดัน 03.8 mv. กรณีไม่มีโหลดในระบบจำหน่ายของกังหันลมที่มี 3 ใบพัด

4.2 การวิเคราะห์คุณภาพไฟฟ้า

จากการทดลองเมื่อนำกังหันลมที่มี 3 ใบพัด ในขณะที่ยังไม่ต่อเข้ากับโหลดในระบบจำหน่าย ค่าแรงดันอยู่ที่ระดับ 21.2 โวลต์ และกังหันลมที่มี 4 ใบพัดในขณะที่ยังไม่ต่อเข้ากับโหลดในระบบจำหน่ายค่าแรงดันอยู่ที่ 22.2 โวลต์ ในขณะความเร็วคงที่ 5 m/s จะเห็นได้ว่ากรณีที่ 1 ค่าแรงดันของกังหันลมที่มี 4 ใบพัด ต่างกันอยู่ที่ 1 โวลต์ ซึ่งไม่แต่ต่างกันมาก

กรณีที่ 2 มีโหลดในระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่มีแหล่งผลิตไฟฟ้าพลังงานลม โดยกังหันลมทีมี 3 ใบพัด และ 4 ใบพัด จะเห็นได้ว่าค่าแรงดันลดลงไม่ต่างกันมากเมื่อเปรียบเทียบ กับกังหันลมที่มี 3 ใบพัดและกังหันลมที่มี 4 ใบพัด

กรณีที่ 3 เมื่อต่อโหลดในระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่มีแหล่งผลิตไฟฟ้าพลังงานลม ร้อยละ 50 80 และ 100 เมื่อ 100 เมื่อเทียบกับกำลังผลิตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันลม จะเห็นได้ว่าค่าแรงดัน ของกังหันลมที่มี 3 ใบพัด ยังมีค่าแรงดันน้อยกว่า กังหันลมที่มี 4 ใบพัด แต่ค่าไม่ต่างกันมาก

เมื่อวิเคราะห์คุณภาพไฟฟ้าในระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่มีแหล่งผลิตไฟฟ้าพลังงานลม จะเห็นได้ว่ากังหันลมที่มี 3 ใบพัด ผลิตไฟฟ้าได้น้อยกว่ากังหันลมที่มีใบพัด 4 ใบพัดเพียงเล็กน้อย เป็นค่าที่ไม่ต่างกันมาก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

บทที่ 5
สรุป

5.1 สรุปผลการทดสอบ

จากาการทดสอบกังหันลมผลิตไฟฟ้าที่มี 3 ใบพัด พบว่า คุณภาพไฟฟ้าในระบบจำหน่าย เมื่อยังไม่ได้ต่อโหลดเข้าในระบบมีค่าแรงดัน ที่ 21.2 โวลต์ กังหันลมผลิตไฟฟ้าหมุนได้อิสระคุณภาพไฟฟ้าที่เกิดขึ้นมีค่าในกว่า กังหันลมผลิตไฟฟ้าที่มี 4 ใบพัดอยู่ที่ เมื่อยังไม่ได้ต่อโหลดในระบบ มีค่าแรงดันที่ 22.2 โวลต์ ระดับแรงดันไฟฟ้าต่างกันที่ 1 โวลต์ และเมื่อนำกังหันลมผลิตไฟฟ้าต่อเข้ากับโหลดในระบบจำหน่าย ก็พบว่าแรงดันไฟฟ้าของกังหันลมผลิตไฟฟ้าในระบบจำหน่ายที่มี 3 ใบพัด ในกรณีต่อโหลดเข้าในระบบจำหน่าย ระดับคิดเป็นร้อยละที่ 50 80 100 การทำงานของกังหันลมผลิตไฟฟ้าที่มี 3 ใบพัด ยังมีค่าน้อยกว่า กังหันลมผลิตไฟฟ้าในระบบจำหน่ายที่มี 4 ใบพัด ไม่มากนัก แต่การต่อเข้าโหลดในระบบจำหน่ายของกังหันลมทั้ง 2 นี้ สิ่งที่เกิดขึ้นคือ คุณภาพไฟฟ้าลดลองมากเหมือนกัน เกิดจากแรงดึงเส้นแรงแม่เหล็กของตัวเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ทำให้การหมุนของกังหันลมผลิตไฟฟ้าในระบบจำหน่ายที่มี 3 ใบพัด และกังหันลมผลิตไฟฟ้าในระบบจำหน่ายหมุนช้าลงมาก

แนวทางการแก้ไขคือ ต้องลดแรงดึงในเส้นแรงแม่เหล็กในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าให้ได้มากที่สุด และ จากการศึกษาวิเคราะห์คุณภาพไฟฟ้าในระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่มีแหล่งผลิตไฟฟ้าพลังงานลมที่มี 3 ใบพัด และ 4 ใบพัด เห็นได้ชัดว่า เมื่อเปรียบเทียบกับกังหันลมที่มี 3 ใบพัด มีค่าแรงดันน้อยกว่ากังหันลมแบบ 4 ใบพัด เพียงเล็กน้อย มีค่าไม่แตกต่างกันมาก และ ขอนำความรู้จากการศึกษาในครั้งนี้ไปประยุกต์ให้เกิดประโยชน์ในพื้นที่ชนบท ที่ไม่มีระบบไฟฟ้าไปถึงได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

การหันมาเลือกใช้กังหันลมผลิตไฟฟ้า เป็นอีกทางเลือกหนึ่ง ในการมองหาพลังงานที่สะอาดปลอดภัยกับธรรมชาติ และสามารถประยุกต์ ในพื้นที่ชนบทได้ แต่ต้องเป็นพื้นที่โล่งแจ้ง กังหันลมชนิดแนวแกนตั้งจะรับลมได้ด้อยกว่า กังหันลมชนิดแกนนอน เพราะกังหันลมผลิตไฟฟ้าที่เป็นแนวแกนตั้ง ไม่ว่าจะเป็นชนิดที่มี 3 ใบพัด หรือ 4 ใบพัด ก็ยังรับแรงลมได้แค่ ร้อยละ 50 แต่ข้อดีก็คือ กลไกไม่สับซ้อน เมื่อมีการทำงานแบบกังหันลมผลิตไฟฟ้าในระบบจำหน่ายโดยการต่อโหลดระบบจำหน่ายเข้าไป คุณภาพทางไฟฟ้าจะลดลองตามจำนวนของโหลดที่เพิ่มมากขึ้น และยังสามารถพัฒนาไปได้อีก ใช้เป็นกรณีศึกษาได้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

เอกสารอ้างอิง

[1] R. Billinton, and P. Wang, “Distribution System Reliability Cost/Worth Analysis Using Analytical Sequential Simulation Techniques”, IEEE Trans. on Power Systems. pp. 1245-1250, 13 November 1998.

[2] P. Jahangiri and M. Fotuhi-Firuzabad, “Relaibility Assessment of Distribution System with Distributed Generation”, IEEE International Conference on Power and Energy, Johor Baharu Malaysia, December 2008,

[3] W. El - Khattam, Y. G. Hegazy, and M. M. A. Salama, “An Integrated Distributed Generation Optimization Model for Distribution System Trans Planning”, IEEE on Power Systems, pp. 1158-1165, 20 May 2005.

[4] K. Ikeda, K. Nara, T. Ashizawa, and Y. Hayashi, “Application of Tabu Search to Optimal Placement of Distributed Generation”, IEEE Power Eng. Society Winter Meeting. vol. 2, pp. 918-923, January 2001. [4] P. M. Costa, and M. A. Matos, “Loss Allocation in Distribution Networks with Embedded Generation”, IEEE Trans. on Power System, pp. 384-389, 19 February 2004.

[5] J. Lin, H. Lin and J. Zhang, “Review on the technical perspectives and commercial viability of vertical axis win turbines”, Ocean Engineering, 182, 608-626 (2019).

[6] M. Mosbahi, A. Ayadi, Y. Chouaibi, Z. Driss and T. Tucciarelli, “Performance study of a Helical Savonius hydrokinetic turbine with a new deflector system design”, Energy Conversion and Management, 194, 55-74 (2019)

[7] การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, “ระเบียบการรับซื้อไฟฟ้าจากผู้ไฟฟ้าขนาดเล็กมาก (การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน)”, การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, 2549.

[8] P. M. Costa, and M. A. Matos, “Loss Allocation in Distribution Networks with Embedded Generation”, IEEE Trans. on Power System, pp. 384-389, 19 February 2004.

[9] การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, “ระเบียบการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายว่าด้วยการเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนานกับระบบไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายสำหรับปริมาณพลังงานไฟฟ้าไม่เกิน 10 เมกะวัตต์”, การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, 2549.

[10] E. Carpaneto, G. Chicco, and J. S. Akilimali, “Branch Current Decomposition Method for Loss Allocation in Radial Distribution Systems with Distributed Generation”, IEEE Trans. on Power Systems, pp. 1170-1179, 21 August 2006.

[11] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน “คู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทน” 29-10-2010

[12] G.W. Ault, J.R. McDonald, and G.M. Burt, “Strategic Analysis Framework for Evaluating Distributed Generation and Utility Strategies”, IEE Proc-Gener. Trans. Distribution. pp. 475–481, 15 July 2003.

[13] L. Dosiek and P. Pillay, “Cogging torque reduction in permanent magnet machines”, IEEE Transactions on Industry Applications, 43, 1565-1571 (2007).

ภาคผนวก

เอกสารที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในระหว่างการศึกษา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ขอมอบเกียรติบัตรฉบับนี้ให้ไว้เพื่อแสดงว่า
พีระศักดิ์ พรมไตร
ได้เข้าร่วมการนำเสนอผลงานภาคบรรยายเรื่อง
การวิเคราะห์ผลกระทบการผลิตไฟฟ้ากังหันลมขนาดเล็ก ในระบบจำหน่ายไฟฟ้า
ในการประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 11 (11th RMUTNC)
ระหว่างวันที่ 24 – 26 กรกฎาคม 2562
ณ ศูนย์ประชุมและแสดงสินค้านานาชาติเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบพระชนมพรรษา เชียงใหม่
(รองศาสตราจารย์ศิลศิริ สง่าจิตร)
ผู้ปฏิบัติหน้าที่อธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

ภาพที่ 1 บรรยาย การวิเคราะห์ผลกระทบการผลิตไฟฟ้ากังหันลมขนาดเล็ก ในระบบจำหน่ายไฟฟ้า

การประชุมวิชาการระดับชาติครั้งที่ 11 ประจำปี 2562 เมื่อวันที่ 25 กรกฎาคม 2562 ณ.ศูนย์ประชุมและแสดงสินค้านานาชาติเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบพระชนมพรรษา เชียงใหม่ (RMUTCON) ดังแสดงในภาพที่ 1

Abstracts Book
RMUTCON
11th Rajamangala University of Technology National Conference
10th Rajamangala University of Technology International Conference
การประชุม
วิชาการ
ระดับชาติ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล
ครั้งที่ 11
ประจำปี 2562
"วิถีราชมงคล
ขับเคลื่อนนวัตกรรม
เพื่อสร้างสรรค์
เศรษฐกิจและสังคม"
วันที่ 24 – 26 กรกฎาคม 2562
ณ ศูนย์ประชุมและแสดงสินค้านานาชาติ
เฉลิมพระเกียรติ 7 รอบพระชนมพรรษา เชียงใหม่

คำนำ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ได้รับมอบหมายในการเป็นเจ้าภาพการประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 11 และการประชุมวิชาการระดับนานาชาติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 10 ระหว่างวันที่ 24 – 26 กรกฎาคม 2562 ณ ศูนย์ประชุมและแสดงสินค้านานาชาติ เฉลิมพระเกียรติ 7 รอบ พระชนมพรรษาเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อเป็นเวทีสำหรับนักวิจัยในการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและมุมมอง ในด้านวิชาการ สิ่งประดิษฐ์ นวัตกรรม และเทคโนโลยีสร้างสรรค์ รวมถึงการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี ซึ่งเป็นองค์ความรู้ที่มีความสำคัญในการสร้างประโยชน์แก่สังคม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านการพัฒนาเศรษฐกิจทั่วภูมิภาคของประเทศ ตามนโยบายรัฐสู่ความมั่นคง และยั่งยืน ทางมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนารู้สึกเป็นเกียรติอย่างสูง ที่ได้เป็นเจ้าภาพจัดการประชุมวิชาการ ฯ ในปีนี้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาขอขอบคุณทุกท่านที่มีส่วนร่วมเสียสละทั้งแรงกายแรงใจและเวลา อันมีค่า เพื่อผลักดันให้เกิดการประชุมวิชาการครั้งนี้ขึ้น และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าพลังความร่วมมืออย่างต่อเนื่องจาก การประชุมวิชาการฯ ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ทั้ง 9 แห่ง จะพัฒนาและเติบโตต่อเนื่องไปทุกปี จนก้าวสู่ การเป็นมหาวิทยาลัยชั้นนำของประเทศ

การประชุมวิชาการฯ ครั้งนี้ประกอบไปด้วยปาฐกถาพิเศษ การนำเสนอผลงานวิจัยจากนักวิจัยมหาวิทยาลัย เทคโนโลยีราชมงคล ทั้ง 9 แห่ง และนักวิจัย นักวิชาการสถาบันอุดมศึกษาในประเทศและต่างประเทศ โดยมีการ นำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ จำนวน 562 ผลงาน ผลงานวิจัยระดับนานาชาติ จำนวน 49 ผลงาน และสิ่งประดิษฐ์ นวัตกรรม จำนวน 60 ผลงาน การจัดนิทรรศการผลงานวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ทั้ง 9 แห่ง จำนวน 10 โครงการ ตลอดจนการจำหน่ายผลิตภัณฑ์จากโครงการ

ในโอกาสนี้ขอต้อนรับสู่การประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 11 และ การประชุมวิชาการระดับนานาชาติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 10 อีกครั้งหนึ่งและหวังเป็นอย่างยิ่งว่า ทุก ท่านจะได้รับประโยชน์และความพึงพอใจจากการแลกเปลี่ยนความรู้ระหว่างการประชุมวิชาการ รวมถึงขอให้ ทุกท่านมีความสุขตลอดระยะเวลาที่มาร่วมการประชุมวิชาการครั้งนี้

สถาบันวิจัยและพัฒนา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ ๑๑
The ๑๑th Rajamangala University of Technology National Conference"
"วิถีราชมงคลขับเคลื่อนนวัตกรรมเพื่อสร้างสรรค์เศรษฐกิจและสังคม"

การวิเคราะห์ผลกระทบการผลิตไฟฟ้ากังหันลมขนาดเล็กในระบบจำหน่ายไฟฟ้า

Analysis of impact of small wind turbine power generation in The power distribution system

พีระศักดิ์ พรมไตร[1] และ นัฐโชติ รักไทยเจริญชีพ[1*]
Phirasak Phromtrai[1] and Nattachote Rugthaicharoencheep[1*]

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการเชื่อมต่อกังลมขนาดเล็กในระบบจำหน่ายไฟฟ้า เป็นการประยุกต์ใช้พลังงานทดแทนและยังจำเป็นมากในปัจจุบันซึ่งพลังงานลมยังเป็นพลังงานทางเลือกหนึ่งที่ใช้ในการผลิต การจ่ายไฟฟ้าเข้ามาในระบบจำหน่ายของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกังหันลม วัตถุประสงค์นี้เพื่อศึกษา วิเคราะห์ผลกระทบ รวมทั้งการวางแผน และการปฏิบัติเพื่อรองรับการจ่ายไฟอย่างถูกต้อง ในระบบจำหน่ายและสามารถให้บริการไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพและความน่าเชื่อถือได้ กังหันลมเมื่อเชื่อมต่อระบบจำหน่ายไฟฟ้านั้น มีผลกระทบอย่างสำคัญต่อระบบจำหน่ายไฟฟ้า เช่น ผลกระทบต่อกำลังไฟฟ้าสูญเสีย ผลกระทบต่อแรงดัน เป็นต้น ดังนั้นจากการทดสอบแสดงให้เห็นว่าการวิเคราะห์ผลกระทบนี้ รวมถึงข้อกำหนดและหลักเกณฑ์ในการขนานแหล่งผลิตไฟฟ้าแบบกังหันลมขนาดเล็กกับระบบจำหน่ายไฟฟ้า และประโยชน์ที่ได้รับจากแหล่งผลิตไฟฟ้าแบบกังหันลมขนาดเล็ก ดังนั้นจากการทดสอบแสดงให้เห็นว่าการวิเคราะห์ผลกระทบนี้เพื่อใช้เป็นกรณีศึกษาและพัฒนาปรับปรุงการผลิตไฟฟ้ากังหันลมในระบบจำหน่ายไฟฟ้าต่อไป

คำสำคัญ : กังหันลม, ระบบจำหน่ายไฟฟ้า, พลังงานทดแทน

ABSTRACT

This article presents a small wind connection in the power distribution system. Is an application of renewable energy and is still very necessary at the present time. Wind energy is also an alternative energy used in production. Power supply into the distribution system of a wind turbine generator. This purpose is to study Impact analysis Including planning And practice to support power supply correctly In the distribution system and can provide electrical services with efficiency and reliability Wind turbines when connecting the power distribution system Has a significant impact on the power distribution system such as the impact on power loss The impact on pressure, etc. Therefore, the test shows that the analysis of this effect Including the requirements and criteria for paralleling a small wind turbine power source and an electricity distribution system And the benefits obtained from a small wind turbine power source Therefore, from the test shows that the analysis of this effect is used as a case study and further improve the electricity generation of wind turbines in the power distribution system.

Keywords : wind turbine ,Power distribution system ,Renewable Energy

[1] สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

[1] Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, Wongsawang, Bangsue, Bangkok10800, Thailand

ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : nattachote.r@rmutp.ac.th

บทนำ

ปัจจุบันพลังงานไฟฟ้าได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในการพัฒนาประเทศ ไม่ว่าจะเป็นการรองรับโครงสร้างพื้นฐานต่างๆ ที่สำคัญของประเทศเช่น การผลิตเพื่อการส่งออกในภาคอุตสาหกรรม รวมไปถึงคุณภาพความเป็นอยู่ของประชาชน ดังนั้นความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายไฟฟ้า (Distribution Systems Reliability) จำเป็นต้องมีการวางแผนจัดหาพลังงานไฟฟ้าให้พอเพียง ซึ่งการสร้างโรงไฟฟ้าขนาดใหญ่นั้นต้องใช้พื้นที่จำนวนมากและงบประมาณในการลงทุนสูง ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงมีการนำแหล่งผลิตไฟฟ้าพลังงานขนาดเล็กมาเชื่อมต่อในระบบจำหน่ายไฟฟ้าซึ่งเรียกแหล่งผลิตไฟฟ้าประเภทนี้ว่า แหล่งผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว (Distributed Generation : DG) เช่น เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกังลม (Wind Turbine) เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบพลังงานรังสีอาทิตย์ (Solar Energy) และพลังงานชีวมวล เป็นต้น หน้าที่ของระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่สำคัญคือ การส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้แก่ผู้ใช้ไฟฟ้าอย่างต่อเนื่องมีความมั่นคงในการส่งไฟฟ้า หากเกิดเหตุขัดข้องสามารถแก้ไขให้ไฟฟ้ากลับคืนในเวลารวดเร็ว หลักการสำคัญคือการออกแบบ และวางแผนระบบจำหน่ายไฟฟ้าอย่างประหยัด และการหยุดจำหน่ายไฟฟ้าให้น้อยที่สุด แหล่งผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวสามารถปรับปรุงความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายไฟฟ้าโดยการสำรองพลังงานไฟฟ้า [1]

พลังงานจากลม เป็นอีกหนึ่งพลังงานธรรมชาติที่มีความสะอาดและบริสุทธิ์ นำมาใช้ได้เรื่อยๆ โดยไม่มีวันหมดสิ้นไปจากโลก จึงส่งผลให้พลังงานลมได้รับความสนใจในวงกว้าง มีการนำมาศึกษาพร้อมใช้งานให้เกิดประโยชน์อย่างกว้างขวางเพื่ออำนวยความสะดวกให้แก่มนุษย์ ถึงแม้จะนำมาใช้ได้อย่างไม่กว้างขวางเท่าไหร่ก็ตาม โดยกังหันลมก็เป็นอุปกรณ์อีกชนิดหนึ่ง ที่ช่วยนำพลังงานลมมาใช้ให้เกิดประโยชน์โดยเฉพาะ ในการผลิตกระแสไฟฟ้าและการสูบน้ำ โดยมีการใช้งานกันมานานแล้ว อีกทั้งยังมีการใช้อย่างแพร่หลายตั้งแต่ในสมัยก่อน แต่อย่างไรก็ตามกังหันลมจำเป็นต้องได้รับการติดตั้งในพื้นที่โล่งกว้าง และรุนแรงเท่านั้น จึงไม่เหมาะแกการนำมาใช้ในเมือง แต่เหมาะกับการติดตั้งตามต่างจังหวัดมาก

ประโยชน์ของกังหันลม

1. ใช้ในการสูบน้ำ ซึ่งรับพลังงานจลน์จากลมพร้อมเปลี่ยนให้เป็นพลังงานกล เพื่อใช้ในการสูบน้ำจากบริเวณต่ำขึ้นบริเวณสูงเพื่อใช้ทำการเกษตร หรือ เพื่อการบริโภค

2. ใช้ในการผลิตไฟฟ้า รับพลังงานจลน์จากการเคลื่อนที่พร้อมเปลี่ยนให้เป็นพลังงานกล แล้วนำพลังงานกลนั้น มาผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้า ภูมิประเทศของบางประเทศที่มีกระแสลมพัดอย่างรุนแรงอย่างสม่ำเสมอ จะมีการนำพลังงานลมมาใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า

3.ทำนาเกลือ การใช้กังหันลมฉุดน้ำเพื่อทำนาเกลือ มีในประเทศไทยมานานแล้ว โดยการประดิษฐ์คิดค้นขึ้นด้วยภูมิปัญญาชาวบ้านในสมัยโบราณ เพื่อใช้ในนาข้าว นาเกลือ และนากุ้ง ก่อให้เกิดรายได้ในชุมชน

4.สร้างเป็นจุดดึงดูดนักท่องเที่ยว ทุ่งกันหันลมที่ยืนสูงตระหง่าน เรียงรายกันอยู่ในทุ่งกว้าง แลดูสวยงาม นอกจากจะใช้ประโยชน์ในการสร้างกระแสไฟฟ้าแล้ว ยังสร้างเป็นแลนด์มาร์ค ให้นักท่องเที่ยวมาถ่ายรูปและชมวิว สร้างรายได้เข้าชุมชนได้อีกทาง

5. อยู่ได้ทั้งบนบกและในทะเล กังหันลมขนาดใหญ่ส่วนมากจะใช้แกน แต่ละตัวจะเชื่อมต่อกันภายในด้วยระบบแรงดันไฟฟ้าปานกลาง พร้อมระบบจัดเก็บพลังงานไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพ

2. แหล่งผลิตไฟฟ้าแบบกังหันลมขนาดเล็ก ในระบบจำหน่ายไฟฟ้า

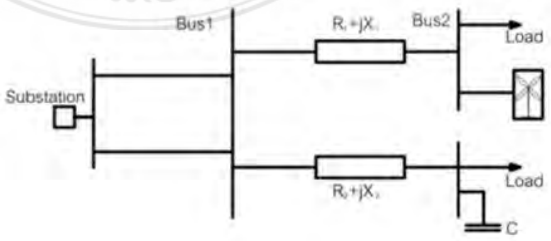
จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแหล่งผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว [2 - 6] ได้ให้คำนิยามแหล่งผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว คือ การผลิตไฟฟ้า ที่มีขนาดกำลังผลิต ตั้งแต่หน่วย kW – MW ผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก (VSPP) หมายถึง ผู้ผลิตไฟฟ้าทั้งภาคเอกชนรัฐบาล รัฐวิสาหกิจ และประชาชนทั่วไปที่มีลักษณะกระบวนการผลิตไฟฟ้าตามข้อ ข ที่จำหน่ายไฟฟ้าให้การไฟฟ้า มีปริมาณพลังไฟฟ้าขายเข้าระบบไม่เกิน 10 MW [7] โดยผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน เช่น พลังลม พลังแสงอาทิตย์ พลังน้ำขนาดเล็ก พลังคลื่นทะเล พลังความร้อนใต้พิภพ และก๊าซชีวภาพ เป็นต้น

2.1 ประโยชน์ที่ได้รับจากแหล่งผลิตไฟฟ้าแบบกังหันลมขนาดเล็ก

จากการติดตั้งแหล่งผลิตไฟฟ้าแบบกังหันลมขนาดเล็ก ในระบบจำหน่ายไฟฟ้าสามารถลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในสายไฟฟ้า และช่วยปรับปรุงแรงดันไฟฟ้า สามารถลดมลภาวะเนื่องจากการผลิตปล่อยมลภาวะน้อย การบำรุงรักษาและเชื้อเพลิงที่นำมาใช้นั้นค่าใช้จ่ายค่อนข้างต่ำ [8] สามารถปรับปรุงคุณภาพไฟฟ้าเพิ่มความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายไฟฟ้า ป้องกันปัญหาไฟดับและช่วยจ่ายกำลังไฟฟ้าในช่วงโหลดสูงสุด สามารถลดต้นทุนในการผลิตและสร้างโรงไฟฟ้าขนาดใหญ่ รวมถึงกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบส่งกำลังไฟฟ้าก็ลดลงด้วย นอกจากนี้ยังผลให้ระบบไฟฟ้ามีเสถียรภาพด้านแรงดันไฟฟ้าและความมั่นคงเพิ่มขึ้น

3. การขนานแหล่งผลิตไฟฟ้าแบบกังหันลมขนาดเล็ก กับระบบจำหน่าย

การขนานแหล่งผลิตไฟฟ้าแบบกังหันลมขนาดเล็ก กับระบบจำหน่ายต้องพิจารณาแรงดันไฟฟ้า ความถี่ อุปกรณ์ป้องกัน ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า ให้อยู่ในมาตรฐานและระเบียบที่กำหนด โดยประเทศไทยระเบียบว่าด้วยการเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนานกับระบบของการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย สำหรับปริมาณพลังไฟฟ้าไม่เกิน 10 MW [9]



ภาพที่ 1 การขนานแหล่งผลิตไฟฟ้าแบบกังหันลมขนาดเล็ก กับระบบจำหน่ายไฟฟ้า

3.1 ข้อกำหนดในการขนานแหล่งผลิตไฟฟ้าแบบกังหันลมขนาดเล็ก

ปริมาณพลังงานไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคกำหนดให้ ระบบ 22 kV ไม่เกิน 8.0 MW และระบบ 33 kV ไม่เกิน 10.0 MW และระดับแรงดันไฟฟ้าที่สัมพันธ์กับปริมาณพลังงานไฟฟ้า ปริมาณไฟฟ้าจ่ายเข้าระบบ 66 kVA ขึ้นไปเชื่อมกับระบบ ณ ระดับแรงดัน 22-33 kV และปริมาณพลังไฟฟ้าจ่ายเข้าระบบไม่เกิน 66 kVA เชื่อมกับระบบ ณ ระดับแรงดันไฟฟ้าที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค พิจารณาพลังไฟฟ้าที่ผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กตามความเหมาะสมของระบบในแต่ละพื้นที่ ทั้งนี้เพื่อความปลอดภัยและมาตรฐานทางด้านบริการ และผลประโยชน์ต่อส่วนรวมเป็นหลัก

3.2 หลักเกณฑ์ในการขนานแหล่งผลิตไฟฟ้าแบบกังหันลมขนาดเล็ก

3.2.1 ระดับแรงดันไฟฟ้า ต้องควบคุมระดับแรงดันไฟฟ้าให้อยู่ในมาตรฐานที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคกำหนด ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 มาตรฐานระดับแรงดันสูงและต่ำสุดของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

ระดับแรงดัน	Normal Circumstances		Exceptional Circumstances	
	Min.	Max.	Min.	Max.
115 kV	109.2	120.7	103.5	126.5
69 kV	065.5	072.4	062.1	075.9
033 kV	031.3	034.7	029.7	036.3
022 kV	020.9	023.1	019.8	024.2
0220 V	0.200	0.240	0.200	0.240
0330 V	0.342	0.418	0.342	0.418

3.2.2 ความถี่ ต้องรักษาความถี่ไฟฟ้าให้อยู่ในระดับ 50 ± 0.5 รอบต่อวินาที หากไม่สามารถรักษาระดับความถี่ได้ต้องมีอุปกรณ์ตัดตอนอัตโนมัติออกจากระบบของการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย

3.2.3 ฮาร์มอนิก ไม่ทำให้รูปคลื่นแรงดันและกระแสไฟฟ้าในระบบของการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายผิดเพี้ยนมากเกินไป ปริมาณความผิดเพี้ยนวัดที่จุดต่อร่วม ต้องไม่เกินค่าที่กำหนดตามข้อกำหนดเกณฑ์ฮาร์มอนิกเกี่ยวกับไฟฟ้า (PRC-PQG-01/1998) ประเภทธุรกิจและอุตสาหกรรมของ 3 การไฟฟ้า

ความเพี้ยนของฮาร์มอนิกส่วนใหญ่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดซิงโครนัสและเหนี่ยวนำจะไม่ก่อให้เกิดฮาร์มอนิก อย่างไรก็ตามในปัจจุบันแหล่งจ่ายไฟฟ้าได้นิยมการใช้อุปกรณ์พวก โซลิด สเตท อินเวอร์เตอร์ (Solid-State Inverters) ซึ่งเสมือนเป็นอุปกรณ์ที่ต่อเข้ากับระบบการไฟฟ้าโดยจะทำให้เกิดความผิดเพี้ยนของฮาร์มอนิกสูงเพียงพอที่จะเป็นสาเหตุทำให้เกิดปัญหากับอุปกรณ์ของผู้ใช้ไฟฟ้าและการไฟฟ้าได้

4. ผลกระทบของแหล่งผลิตไฟฟ้าแบบกังหันลมขนาดเล็กในระบบจำหน่าย

ระบบจำหน่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเป็นแบบเรเดียล (Radial) ปกติการไหลของกระแสไฟฟ้าจะไหลจากสถานีต้นทางไปยังโหลดในทิศทางเดียว เมื่อเชื่อมต่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากับระบบทำให้การไหลของกระแสไฟฟ้ามีสองทิศทาง ซึ่งจะทำให้ระบบเกิดการเปลี่ยนแปลงในหลายด้าน เช่น การไหลของค่ากำลังไฟฟ้า และการจัดลำดับเวลาการทำงานของรีเลย์ป้องกันต่างๆ ดังนั้นแหล่งผลิตไฟฟ้าแบบกังหันลมขนาดเล็ก อาจจะจ่ายกระแสป้อนกลับไปยังสถานีต้นทางได้ ผลกระทบต่างๆ กับระบบจำหน่ายไฟฟ้ามีดังนี้ [2 - 6]

4.1 ผลกระทบต่อกำลังไฟฟ้าสูญเสีย

การติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกังหันลมขนาดเล็ก สามารถช่วยจ่ายกำลังไฟฟ้าในระบบจำหน่ายทำให้ระบบจำหน่ายรับกำลังไฟฟ้าจากระบบส่งลดลง และทำหน้าที่จ่ายโหลดหรือผู้ใช้ไฟในช่วงโหลดสูงสุด ทำให้ช่วยลดการผลิตกำลังไฟฟ้าจากระบบผลิตได้อีกด้วย จากเหตุผลดังกล่าวยังให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบจำหน่ายลดลง ถ้าติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีขนาดเกินกว่าโหลด หรือไม่เหมาะสมในทางปฏิบัติยังผลให้ค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียเพิ่มสูงขึ้นตามลำดับ เนื่องจากการที่แหล่งผลิตไฟฟ้าแบบกังหันลมขนาดเล็ก จ่ายกำลังไฟฟ้าเข้ามาในระบบเกินความต้องการของผู้ใช้ไฟ จึงทำให้ปริมาณพลังงานที่เหลือนั้นจ่ายย้อนกลับเข้าไปในระบบของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค แล้วไปยังโหลดที่อยู่ในระยะทางไกล จึงทำให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียในสายส่งเพิ่มขึ้นและระบบจำหน่ายทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดกำลังการผลิตแหล่งผลิตไฟฟ้าแบบกังหันลมขนาดเล็ก และตำแหน่งที่ติดตั้งกับตำแหน่งจุดโหลดอย่างเหมาะสม [11] และได้ประโยชน์โดยสามารถขยายระบบจำหน่ายไฟฟ้าในการลงทุนของผู้ใช้ไฟฟ้า [12]

4.2 ผลกระทบต่อระดับแรงดัน

การติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกังหันลมขนาดเล็ก เข้ามาในระบบจำหน่ายมีผลดีต่อระดับแรงดันไฟฟ้าในระบบจำหน่ายในเรื่องของการรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าต่ำเกินกว่าที่กำหนด แต่ในบางครั้งก็จะส่งผลให้แรงดันสูงเกินในระบบจำหน่ายได้ถ้าขนาดของกำลังไฟฟ้าที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกังหันลมขนาดเล็ก จ่ายออกมามากกว่าโหลดที่ต่ออยู่ในระบบจำหน่าย สามารถคำนวณแรงดันไฟฟ้าสูงเกินที่เกิดขึ้นจาก เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกังหันลมขนาดเล็ก

4.3 ผลกระทบต่อการตั้งค่าอุปกรณ์ป้องกัน

เมื่อมีจำนวนแหล่งผลิตไฟฟ้าแบบกังหันลมขนาดเล็ก มาต่อขนานกับระบบมากขึ้นจะทำให้ค่าระดับกำลังของความผิดพร่อง มีค่าเพิ่มสูงขึ้นมาก เนื่องจากมีจำนวนแหล่งจ่ายไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้น จะส่งผลกระทบกับอุปกรณ์ป้องกัน รวมทั้งการปรับตั้งค่ารีเลย์ก็สามารถทำได้ยากขึ้น เมื่อเกิดเหตุการณ์การเกิดฟอลต์ในระบบโดยปกติแหล่งผลิตไฟฟ้าแบบกังหันลมขนาดเล็ก จะตัดตัวเองออกจากระบบ แต่การตรวจจับฟอลต์ในสายป้อนข้างเคียงทำให้เกิดปัญหาจากการทำงานของรีโคลสเซอร์ส่งผลให้เกิดการปลดตัวเองออกจากระบบโดยไม่จำเป็น และขณะที่แหล่งผลิตไฟฟ้าแบบกังหันลมขนาดเล็ก เชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายไฟฟ้าอาจทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเกินถึง 3 เท่า รวมทั้งกระแสสูงมากไหลเข้าหม้อแปลงหรือมอเตอร์จากปัญหาการหลุดของเฟสกับระบบไฟฟ้าหลัก และส่งผลให้แรงบิดของมอเตอร์เปลี่ยนแปลงฉับพลัน

4.4 ผลกระทบต่อการทำงานของอุปกรณ์ชดเชยแรงดัน

เมื่อแหล่งผลิตไฟฟ้าแบบกังหันลมขนาดเล็ก เชื่อมต่อเข้ากับระบบจำหน่ายไฟฟ้าจะส่งผลกระทบทางด้านการเปลี่ยนแปลงของกำลังไฟฟ้าในระบบทั้งขนาดกำลังไฟฟ้าในสายป้อนและทิศทางในการไหลของกำลังไฟฟ้า จากผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงเมื่อแหล่งผลิตไฟฟ้าแบบกังหันลมขนาดเล็ก เชื่อมต่อเข้ากับระบบจะส่งผลต่อการทำงานของอุปกรณ์ชดเชยแรงดัน โดยต้องทำการปรับตั้งค่าของอุปกรณ์ชดเชยแรงดันให้เหมาะสมกับการเปลี่ยนแปลงการไหลของกำลังไฟฟ้าในระบบจำหน่ายไฟฟ้า

4.5 ผลกระทบที่มีต่อเสถียรภาพของระบบจากการเกิดสภาวะทำงานเองโดยอิสระ (Islanding)

การเกิดสภาวะทำงานเองโดยอิสระ (Islanding) คือ อุปกรณ์ป้องกันทำการตัดวงจรบางส่วนออกจากระบบไฟฟ้าหลัก แต่วงจรส่วนนั้นมีแหล่งผลิตไฟฟ้าแบบกังหันลมขนาดเล็ก ต่ออยู่ ทำให้วงจรยังคงได้รับไฟอยู่ แหล่งผลิตไฟฟ้าแบบกังหันลมขนาดเล็ก ควรตรวจจับเหตุการณ์นี้ได้และปลดตัวเองออกจากวงจรระบบเพื่อคุณภาพ และลดความเสียหายทางเศรษฐกิจ และเพิ่มความเชื่อถือได้ [13], [14] เมื่อเกิดสภาวะทำงานเองโดยอิสระ ขึ้นอยู่กับตำแหน่งของความผิดพลาดและสถานะการดำเนินงานของระบบจำหน่ายไฟฟ้า [15], [16] ผลกระทบต่อเสถียรภาพของระบบจากการเกิดสภาวะทำงานเองโดยอิสระ (Islanding) แรงดันและความถี่ของระบบที่เชื่อมต่อแหล่งผลิตไฟฟ้าแบบกังหันลมขนาดเล็ก จะเกิดเปลี่ยนแปลง การไฟฟ้าไม่สามารถควบคุมได้ส่งผลเสียต่อผู้ใช้ไฟ

หากเกิดสภาวะทำงานเองโดยอิสระโดยไม่วางแผนอาจทำให้เกิดแรงดันเกินและความเสียหายกับอุปกรณ์ไฟฟ้าในระบบ และอาจเกิดอันตรายกับผู้ทำงานด้านบำรุงรักษา เนื่องจากระบบยังคงมีการจ่ายไฟจากแหล่งผลิตไฟฟ้าแบบกังหันลมขนาดเล็ก และเกิดปัญหาเมื่อมีการรีโคลสเซอร์ (reclose) เข้ากับระบบหลัก หากมีการวางแผนแหล่งผลิตไฟฟ้าแบบกังหันลมขนาดเล็ก จะช่วยเพิ่มความเชื่อถือได้ (Reliability) ของระบบไฟฟ้า [10]

5. แหล่งผลิตไฟฟ้าแบบกังหันลมขนาดเล็ก ต่อเสถียรภาพของระบบ

การออกแบบแหล่งผลิตไฟฟ้าแบบกังหันลมขนาดเล็ก ถูกออกแบบให้ไม่สามารถควบคุมกำลังไฟฟ้าที่จ่ายออกได้อย่างรวดเร็วตามที่ระบบต้องการและระบบก็ไม่สามารถควบคุมความถี่และแรงดันของแหล่งผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวได้ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าของการไฟฟ้าจะมีหน้าที่รักษาเสถียรภาพของระบบทั้งในสภาวะคงตัวและสภาวะทรายเซี้ยนท์ สรุปแหล่งผลิตไฟฟ้าแบบกังหันลมขนาดเล็ก ไม่สามารถเพิ่มเสถียรภาพของระบบได้ และเมื่อจ่ายกำลังไฟฟ้าในปริมาณที่มากขึ้นจะส่งผลกระทบกับเสถียรภาพของระบบไฟฟ้ามากขึ้น

5.1 ความเร็วโรเตอร์เบี่ยงเบนสูงสุดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิดฟอลต์ในสายส่งที่มีแหล่งผลิตไฟฟ้าแบบกังหันลมขนาดเล็ก

เมื่อเชื่อมต่อแหล่งผลิตไฟฟ้าแบบกังหันลมขนาดเล็ก ในระบบ จะส่งผลให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าในระบบมีความเร็วลดลง เนื่องจากแหล่งผลิตไฟฟ้าแบบกังหันลมขนาดเล็ก ปลดตัวเองออกจากวงจรเมื่อเกิดฟอลต์ส่งผลให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าในวงจรรับภาระโหลดเพิ่มขึ้น ความเร็วโรเตอร์เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขึ้นอยู่กับปริมาณการจ่ายไฟและระยะห่างระหว่างแหล่งผลิตไฟฟ้าแบบกังหันลมขนาดเล็ก กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าของระบบ

5.2 ระยะเวลาการแกว่งของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อเกิดฟอลต์ในสายส่งของระบบที่มีแหล่งผลิตไฟฟ้าแบบกังหันลมขนาดเล็ก

เมื่อเกิดฟอลต์ในระบบแหล่งผลิตไฟฟ้าแบบกังหันลมขนาดเล็ก ไม่สามารถควบคุมแรงดันและความถี่ส่งผลให้ระยะเวลาการแกว่งของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสูงมากขึ้นจากการปลดตัวเองออกของแหล่งผลิตไฟฟ้าแบบกังหันลมขนาดเล็ก ขณะที่กำลังช่วยจ่ายโหลดปริมาณมาก

5.3 แหล่งผลิตไฟฟ้าแบบกังหันลมขนาดเล็ก กับความมั่นคงของระบบ

ความมั่นคงของระบบไฟฟ้า (Power system security) คือ ระบบไฟฟ้าสามารถจ่ายโหลดได้ เมื่อเกิดเหตุไม่คาดหมาย (Contingency) พิจารณาจากกำลังไฟฟ้าสำรอง (Spinning reserve) ในระบบ เมื่อเกิดฟอลต์และการหลุดของสายส่งเพื่อกำจัดฟอลต์ ทำให้ความถี่ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (รวมทั้งแหล่งผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว) เกิดการแกว่ง เมื่อการแกว่งของความถี่ออกนอกค่าที่กำหนดไว้ แหล่งผลิตไฟฟ้าแบบกังหันลมขนาดเล็ก จะปลดตัวเองออกจากระบบ ส่งผลให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าของระบบรับภาระโหลดมากขึ้น การแก้ปัญหาเพื่อเพิ่มความมั่นคงให้กับระบบโดยการปลดโหลดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่เหลืออยู่ในระบบ เพื่อรักษาเสถียรภาพของระบบ

ผลและวิจารณ์ผล

การทดลองกับกังหันลมขนาดเล็กและความแตกต่างระหว่าง กรณีที่มีโหลดและไม่มีโหลด กรณีไม่ต่อโหลด ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงค่าความเร็วลม(m/s)กรณีไม่ต่อโหลด

	ความเร็วลม(m/s)			
เวลา	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ค่าเฉลี่ย
08.00น.	5.14	5.1	5.21	5.15
12.00น.	5.55	5.22	5.34	5.37
17.00น.	6.12	5.61	5.52	5.75

กรณีไม่ต่อโหลด ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงค่ากระแส กรณีไม่ต่อโหลด

ค่าความต่างศักย์(V)				
เวลา	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ค่าเฉลี่ย
08.00น.	22.6	22.42	22.86	22.63
12.00น.	27.16	27.43	26.4	27.00
17.00น.	32.23	32.81	32.76	32.60

กรณีต่อโหลด ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงค่ากระแส กรณีต่อโหลด

ความเร็วลม(m/s)				
เวลา	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ค่าเฉลี่ย
08.00น.	4.9	4.81	4.3	4.67
12.00น.	4.8	4.4	4.12	4.44
17.00น.	4.87	4.43	4.7	4.67

กรณีต่อโหลด ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงค่ากระแส กรณีต่อโหลด

ค่าความต่างศักย์(V)				
เวลา	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ค่าเฉลี่ย
08.00น.	1.35	1.32	1.31	1.33
12.00น.	1.56	1.55	1.55	1.55
17.00น.	2.22	2.33	2.31	2.29

กรณีต่อโหลด ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 แสดงค่ากระแส กรณีต่อโหลด

ค่ากระแสไฟฟ้า(A)				
เวลา	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ค่าเฉลี่ย
08.00น.	0.7	0.7	0.6	0.67
12.00น.	1.2	1.1	1	1.10
17.00น.	1.34	1.38	1.12	1.28

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาผลกระทบของแหล่งผลิตไฟฟ้าแบบกังหันลมขนาดเล็ก ในระบบจำหน่ายทางด้านกำลังไฟฟ้าสูญเสีย ระดับแรงดัน การตั้งค่าอุปกรณ์ป้องกัน การทำงานของอุปกรณ์ชดเชยแรงดัน และเสถียรภาพของระบบจากสภาวะทำงานเองโดยอิสระ (Islanding) เพื่อหาแนวทางป้องกันระบบที่มีแหล่งผลิตไฟฟ้าแบบกังหันลมขนาดเล็ก และการวางแผนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของแหล่งผลิตไฟฟ้าแบบกังหันลมขนาดเล็ก ในระบบจำหน่ายไฟฟ้า เมื่อมีการติดตั้งและขนาดกำลังไฟฟ้าอย่างเหมาะสม จะสามารถเพิ่มความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายไฟฟ้า เสถียรภาพและความมั่นคงของระบบอย่างมีประสิทธิภาพ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครที่ให้การสนับสนุนผลงานวิจัย จึงทำให้ผลงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงอย่างสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

[1] P. Jahangiri and M. Fotuhi-Firuzabad, "Reliability Assessment of Distribution System with Distributed Generation", IEEE International Conference on Power and Energy, Johor Baharu Malaysia, December 2008.

[2] R. Billinton, and P. Wang, "Distribution System Reliability Cost/Worth Analysis Using Analytical Sequential Simulation Techniques", IEEE Trans. on Power Systems, pp. 1245-1250, 13 November 1998.

[3] W. El - Khattam, Y. G. Hegazy, and M. M. A. Salama, "An Integrated Distributed Generation Optimization Model for Distribution System Trans Planning", IEEE on Power Systems, pp. 1158-1165, 20 May 2005.

[4] P. M. Costa, and M. A. Matos, "Loss Allocation in Distribution Networks with Embedded Generation", IEEE Trans. on Power System, pp. 384-389, 19 February 2004.

[5] E. Carpancio, G. Chicco, and J. S. Akilimali, "Branch Current Decomposition Method for Loss Allocation in Radial Distribution Systems with Distributed Generation", IEEE Trans. on Power Systems, pp. 1170-1179, 21 August 2006.

[6] G.W. Ault, J.R. McDonald, and G.M. Burt, "Strategic Analysis Framework for Evaluating Distributed Generation and Utility Strategies", IEE Proc-Gener. Trans. Distribution, pp. 475-481, 15 July 2003.

[7] การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, "ระเบียบการรับซื้อไฟฟ้าจากผู้ไฟฟ้าขนาดเล็กมาก (การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน)", การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, 2549.

[8] K. Ikeda, K. Nara, T. Ashizawa, and Y. Hayashi, "Application of Tabu Search to Optimal Placement of Distributed Generation", IEEE Power Eng. Society Winter Meeting. vol. 2, pp. 918-923, January 2001.

[9] การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, "ระเบียบการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายว่าด้วยการเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนานกับระบบไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายสำหรับปริมาณพลังงานไฟฟ้าไม่เกิน 10 เมกะวัตต์", การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, 2549.

[10] ปานจิต ดำรงกุลกำจร, "ผลกระทบจากพลังงานหมุนเวียนต่อระบบไฟฟ้า", โครงการสนับสนุนงานด้านเทคนิคเพื่อการจัดหาไฟฟ้าและพลังงานทดแทนสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, กระทรวงพลังงาน.

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ สกุล นายพีระศักดิ์ พรมไตร
วันเดือนปีเกิด วันที่ 30 มกราคม พ.ศ. 2528
สถานที่เกิด จังหวัด หนองบัวลำภู
ที่อยู่ปัจจุบัน 89/356 ต.บางม่วง อ.บางใหญ่ จ.นนทบุรี 11140

ประวัติการศึกษา

พ.ศ.2549 ระดับ ปวส.
สาขาวิชา อิเล็กทรอนิกส์
วิทยาลัยเทคนิคหนองบัวลำภู

พ.ศ.2557 ระดับปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

พ.ศ.2563 ระดับปริญญาโท วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ประวัติการทำงาน

ปัจจุบัน ทำงานที่บริษัท ออโตเมชั่น แอนด์ เทคโนโลยี เซอร์วิส จำกัด
ตำแหน่ง Project Manager