

โครงการวิจัย เรื่อง แบบจำลองกึ่งหั่นลมผลิตไฟฟ้า

นางประไพ จักษุจินดา
ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการพิเศษ

โรงเรียนสกลนครพัฒนศึกษา จังหวัดสกลนคร
สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาสกลนครเขต 1
สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน
กระทรวงศึกษาธิการ

2552

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์ที่จะสร้างแบบจำลองกังหันลมผลิตไฟฟ้า และศึกษาข้อมูลทางเทคนิคและหลักการทำงานของส่วนประกอบต่างๆ ของกังหันลมผลิตไฟฟ้า โดยใช้มอเตอร์โบลเวอร์เส้นผ่านศูนย์กลาง 12 cm หมุน 2880 rpm เป็นต้นกำเนิดของลมเป่าไปยังกังหันลมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งมีแม่เหล็กทรงกระบอกกลวงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 mm ความเข้มสนามแม่เหล็ก 70 mT และมีใบพัดลมจำนวน 7 ใบ เส้นผ่านศูนย์กลางทั้งหมดเป็น 74 mm สวมติดกับแกนกลางของกังหันลมหมุนติดกับขดลวดทองแดงเบอร์ 40 จำนวน 550 รอบ พบว่า เมื่อวางกังหันลมผลิตไฟฟ้าห่างจากต้นกำเนิดของลมประมาณ 8 cm มีอัตราเร็วลม 7.14 m/s ทำให้กังหันลมหมุน 855 rpm และแม่เหล็กหมุนตัดขดลวดจะเกิดไฟฟ้ากระแสสลับมีความต่างศักย์ 4.9 V และ กระแสสลับ 17.52 mA ส่งไปยังวงจรเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงมีความต่างศักย์ 3.60 V และกระแสตรง 14.90 mA ทำให้ยังหลอด LED จำนวน 7 หลอดสว่าง แบบจำลองกังหันลมผลิตไฟฟ้านี้มีประสิทธิภาพประมาณ 9% และสามารถนำไฟฟ้ากระแสตรงที่ได้ไปประยุกต์ใช้กับนาฬิกาเครื่องคิดเลข วิทย์ ไฟฉายที่ใช้หลอด LED และอื่นๆ ที่สามารถพัฒนาในเชิงพาณิชย์ได้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยใคร่ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์สุวิทย์ จักษุจินดา ดร.ทศวรรษ สีตะวัน อาจารย์ภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ดร.วิเศษ ภูมิวิชัย ผู้อำนวยการ เขียวชาญ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษารอบลราชธานีเขต 4 และ นายคมสัน อุทัยวัฒน์ ครูเขียวชาญโรงเรียนสมเด็จพระพิทยาคม จังหวัดกาฬสินธุ์ ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้ข้อคิดเห็น และคำแนะนำที่มีคุณค่าสูงยิ่ง ตลอดจนได้ตรวจแก้ไขเนื้อหา รูปแบบ ให้ถูกต้องและช่วยชี้แนะแนวทางที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งแก่ผู้วิจัย และขอขอบพระคุณนายยรรยง คนสมบูรณ์ ผู้อำนวยการโรงเรียนสกลนครพัฒนศึกษา ที่ให้การส่งเสริม สนับสนุนในการเข้าอบรม ประชุมสัมมนา การนำเสนอผลงานวิจัยในระดับโรงเรียน สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา มหาวิทยาลัย และระดับประเทศ และสนับสนุนให้นักเรียนได้พัฒนาโครงงานวิทยาศาสตร์ ประเภททั่วไปและประเภทสิ่งประดิษฐ์ และส่งเข้าร่วมประกวดแข่งขันในสถานบันต่างๆ ได้รางวัลรางวัลหลากหลาย

จากการทำกิจกรรมทั้งหมดนี้ส่งผลให้ผู้วิจัยสามารถนำข้อมูลต่างๆ ที่ได้มาปรับปรุงแก้ไขจนกระทั่งงานวิจัยฉบับนี้มีความสมบูรณ์ และสำเร็จลุล่วงลงด้วยดี

ประไพ จักษุจินดา

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
บทที่ 1	1
บทนำ	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	1
สมมุติฐานการวิจัย	3
ขอบเขตของการวิจัย	4
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2	5
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย	8
บทที่ 3	19
การดำเนินการวิจัย	19
บทที่ 4	27
ผลการวิจัยและการวิเคราะห์	27
บทที่ 5	33
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	33
บรรณานุกรม	34
ประวัติผู้วิจัย	49

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ภูมิหลังที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่คุณควารู้

พลังงานเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งในการพัฒนาประเทศ พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิล (fossil fuel) ที่เราใช้กันเป็นหลักอยู่ในปัจจุบันเป็นพลังงานที่ใช้แล้วหมดสิ้นไปมีจำนวนลดลงอย่างมาก ในอนาคตจะขาดแคลนมีราคาสูงขึ้นและในที่สุดก็就会被ใช้จนหมดสิ้นไปจากโลก การค้นหาและการนำพลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลขึ้นมาใช้ทำได้ยากขึ้น อีกทั้งการเผาไหม้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลก่อให้เกิดแก๊สเรือนกระจกที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน ทั่วโลกจึงแสวงหาพลังงานทดแทน (alternative energy) อื่นๆ มาใช้งานทดแทนพลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลให้มากขึ้น เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานน้ำ พลังงานลม เป็นต้น โดยพลังงานทดแทนดังกล่าวจะต้องเป็นพลังงานสีเขียว (green energy) ที่ไม่ก่อให้เกิดแก๊สเรือนกระจกซึ่งจะทำให้เกิดภาวะโลกร้อน ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงกล่าวถึงพลังงานที่ได้จากลม มุ่งเน้นที่จะใช้กังหันลม (wind turbine) เป็นตัวแปลงผันพลังงานจลน์จากลมที่พัดปะทะใบพัดของกังหันลมให้เป็นแรงบิดหมุนเพลลาของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้า

1.2 ความจำเป็นที่จะต้องศึกษาปัญหา

เมื่อเผาเชื้อเพลิงฟอสซิล คือ น้ำมัน ถ่านหิน และแก๊สธรรมชาติ จะเกิดแก๊สเรือนกระจกที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ ไนโตรเจนออกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เป็นต้น เมื่อเกิดภาวะโลกร้อนขึ้นเรื่อยๆ จะทำให้น้ำแข็งขั้วโลกละลายส่งผลให้น้ำทะเลมีระดับสูงขึ้นกว่าเดิม ชายฝั่งทะเลและเกาะแก่งบางแห่งจะหายไป กระแสลมจะพัดแรงขึ้น พายุจะมีความรุนแรงเพิ่มขึ้น เมื่อฝนตกจะเกิดฝนที่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต จึงต้องหยุดภาวะโลกร้อนด้วยการลดการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลให้น้อยลงแล้วแสวงหาสิ่งประดิษฐ์ที่เหมาะสมเพื่อทำหน้าที่แปลงผันพลังงานลมให้เป็นพลังงานไฟฟ้าให้มากขึ้น เนื่องจากพลังงานลมมีอยู่ทั่วไปไม่ต้องซื้อหา เป็นพลังงานทดแทนและพลังงานหมุนเวียนที่สะอาดซึ่งจะใช้ประโยชน์ต่อไปในอนาคตอย่างไม่มีวันหมด ประเทศต่างๆ ในยุโรป เช่น

เดนมาร์ค เนเธอร์แลนด์ ได้ริเริ่มนำพลังงานลมมาใช้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าอย่างกว้างขวาง เนื่องจากสามารถผลิตได้เป็นจำนวนมากรองลงมาจากพลังน้ำ

1.3 ปัญหาการวิจัย

การใช้กังหันลมผลิตไฟฟ้ามีปัญหาคือ พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จะไม่สม่ำเสมอ เนื่องจากความเร็วและทิศทางของลมไม่แน่นอน กังหันลมขนาดใหญ่จะเผชิญกับกระแสลมแปรปรวน และมีการสั่นสะเทือนสูงทำให้เกิดความเสียหายกับส่วนประกอบของกังหันลม ส่วนประกอบของกังหันลมที่ติดตั้งในประเทศไทยส่วนใหญ่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศจึงมีต้นทุนสูง และเป็นการเสียดุลการค้าให้กับต่างประเทศ กังหันลมดังกล่าวไม่เหมาะสมกับอัตราเร็วลมในประเทศไทย เนื่องจากถูกออกแบบมาเพื่อใช้งานในบริเวณที่มีลมแรงทางตอนเหนือของทวีปยุโรป ซึ่งอัตราเร็วลมต่ำสุดที่จะทำให้กังหันลมเริ่มทำงานมีค่าประมาณ 8 m/s หากนำเข้ากังหันลมเพื่อติดตั้งในประเทศไทยโดยไม่มีการดัดแปลงให้เหมาะสมกับลักษณะความเร็วลมของพื้นที่ก็อาจไม่คุ้มทุน เพราะมีราคาสูงและกังหันลมที่นำเข้ามาจากต่างประเทศนั้น จะทำงานได้เต็มประสิทธิภาพตามที่ออกแบบไว้ได้เพียงไม่กี่วันในหนึ่งปีเท่านั้น เนื่องจากประเทศไทยมีได้อยู่ในภูมิภาคที่มีกระแสลมแรง ดังนั้นกังหันลมจึงทำงานไม่เต็มประสิทธิภาพ ประกอบกับอัตราเร็วลมเฉลี่ยของประเทศไทยมีค่าต่ำมากเพียง 2–3 m/s ซึ่งใช้ผลิตไฟฟ้าไม่ได้ ที่วิจัยด้านพลังงานลมของไทยได้ทำแผนที่ลม (wind map) โดยตรวจวัดและเก็บรวบรวมข้อมูลพลังงานลมทั่วประเทศ ผลจากการวัดที่ความสูง 50 m ตามเทคโนโลยีของกังหันลมสมัยใหม่และสำรวจพบว่า แถบชายฝั่งทะเลทางภาคตะวันออกและภาคใต้ของประเทศไทยตั้งแต่จังหวัดนครศรีธรรมราช สงขลา ปัตตานี และภาคเหนือที่อุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่ มีอัตราเร็วลมเฉลี่ยสูงถึง 6.4 m/s สามารถจะนำมาผลิตกระแสไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่นเดียวกับที่ประเทศในทวีปยุโรป และอินเดียทำได้

จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทำการวิจัย พัฒนาเพื่อหารูปแบบและแนวทางใหม่ โดยใช้วัสดุที่หาได้ง่ายภายในประเทศเพื่อลดต้นทุนในการสร้างกังหันลมผลิตไฟฟ้า ซึ่งกังหันลมจะรับพลังงานลมที่มีอัตราเร็วลมในย่าน 2–9 m/s มาใช้หมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า แล้วนำพลังงานไฟฟ้าที่ได้ไปประยุกต์ใช้กับเครื่องอำนวยความสะดวกในชีวิตประจำวัน เช่น ไฟฉาย นาฬิกา เครื่องคิดเลข วิทยุ เครื่องชาร์จถ่านไฟฉาย ฯลฯ

1.4 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.4.1 เพื่อศึกษา ค้นคว้า หาแนวทางใหม่ในการสร้างกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก ให้สามารถผลิตไฟฟ้าได้ในรูปแบบที่ง่ายและใช้ต้นทุนต่ำ โดยใช้วัสดุที่สามารถดัดแปลงและหาได้ทั่วไปในท้องตลาด สามารถติดตั้งและบำรุงรักษาได้ง่าย

1.4.2 เพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่ เครื่องต้นแบบใหม่ และเป็นแนวทางใหม่ในการปรับปรุงและพัฒนาให้มีกำลังการผลิตไฟฟ้าสูงขึ้น สามารถนำไปใช้เป็นพลังงานทดแทนได้ในอนาคต

1.5 สมมุติฐานการวิจัย

1.5.1 ใช้มอเตอร์แม่เหล็ก (magnet motor) มาทำหน้าที่เป็นกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กที่มีสมบัติสำคัญคือ หมุนง่าย มีแรงเสียดทานที่เพลารอเตอร์ต่ำ ลดแรงเสียดทานที่เพลารอเตอร์ด้วยลูกปืน ไม่มีแปรงถ่าน (carbon brush) มีใบพัดติดแกนเพลารอเตอร์ มีความเข้มสนามแม่เหล็ก B สูง และมีจำนวนรอบของขดลวด (coil) สูง มาทำหน้าที่เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (generator)

1.5.2 ความต่างศักย์ก่อกำเนิดเหนี่ยวนำ (induced generating voltage) ขึ้นกับจำนวนรอบของขดลวด พื้นที่ของขดลวด ความเข้มสนามแม่เหล็ก และอัตราเร็วในการหมุนของเพลารอเตอร์

1.6 ข้อตกลงเบื้องต้น

1.6.1 นำมอเตอร์แม่เหล็กมาถอดชิ้นส่วนเพื่อดูส่วนประกอบภายใน แล้วใช้ Teslometer วัดความเข้มสนามแม่เหล็ก B จากนั้นตัดขดลวดออกมานับจำนวนรอบของขดลวด ใช้ standard wire gauge วัดเส้นผ่านศูนย์กลางของขดลวด แล้วพันขดลวดใหม่ให้บรรจุลงในช่องเสียบ (slot) ได้จำนวนรอบสูงสุดเท่าที่จะสามารถบรรจุลงไปได้

1.6.2 ใช้เครื่องเป่าลม (blower) ทำหน้าที่เป็นแหล่งกำเนิดพลังงานลม ส่งลมไปหมุนใบพัดกังหันลม แม่เหล็กทรงกระบอกซึ่งสวมติดอยู่ที่จุดศูนย์กลางของใบพัดลมจะทำหน้าที่เป็น magneto หมุนสนามแม่เหล็กทรงกระบอกตัดกับขดลวดซึ่งอยู่หนึ่ง จะเกิดความต่างศักย์ก่อกำเนิดเหนี่ยวนำขึ้นในขดลวด แล้วส่งไปยังวงจรทำกระแสตรงแบบบริดจ์ (bridge rectifier circuit)

1.7 ขอบเขตของการวิจัย (ขอบเขตของปัญหาและความจำกัดของปัญหา)

ทำการศึกษา วัด และวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก เช่น อัตราเร็วของใบพัดกังหันลมที่ใช้ผลิตไฟฟ้าสัมพันธ์กับ กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (induced current) ความต่างศักย์ก่อกำเนิดเหนี่ยวนำ และกำลังไฟฟ้า (electrical power) ที่ผลิตได้ในอัตราเร็วต่างๆ ของใบพัดกังหันลม จากนั้นหาประสิทธิภาพของกังหันลม

1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.8.1 ได้กังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กที่แข็งแรงทนทาน ใช้งานง่าย มีอยู่ทั่วไปในตลาด มีคุณภาพสูง และมีการบำรุงรักษาต่ำ

1.8.2 เป็นการสร้างฐานความรู้เพื่อเป็นแนวทางใหม่ในการปรับปรุงเครื่องต้นแบบให้มีกำลังการผลิตสูงขึ้นและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

1.8.3 เพื่อสนับสนุนการนำแหล่งพลังงานทดแทนมาใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อประเทศชาติ

1.8.4 เพื่อให้เกิดองค์ความรู้ใหม่เกี่ยวกับพลังงานทดแทนและเพิ่มพูนความรู้อันจะนำไปสู่งานวิจัยที่สูงยิ่งขึ้นต่อไปในอนาคต

1.8.5 นำกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กเป็นเครื่องต้นแบบในการส่งเสริมและพัฒนาให้นักเรียนได้เกิดการเรียนรู้ คิด วิเคราะห์ สังเคราะห์ และเกิดองค์ความรู้สามารถประดิษฐ์กังหันลมเพื่อการผลิตไฟฟ้าและสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้

1.9 คำจำกัดความ (definition) และคำสำคัญต่างๆ

มอเตอร์แม่เหล็ก (magnet motor)

เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (generator)

ความต่างศักย์ก่อกำเนิดเหนี่ยวนำ (induced generating voltage)

กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (induced current)

กำลังไฟฟ้า (electrical power)

วงจรทำกระแสตรงแบบบริดจ์ (bridge rectifier circuit)

1.10 งบประมาณของการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากโรงเรียนสกลนครพัฒนศึกษา อ.เมือง จ.สกลนคร จำนวน 10,000 บาท ในปีงบประมาณ 2551 ใช้ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี

บทที่ 2

เอกสารงานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นิพนธ์ เกตุจ้อย และ อชิตพล ศศิธรานวัฒน์ (2547) ได้เขียนบทความวิจัย เรื่องเทคโนโลยีพลังงานลม ลงในวารสารมหาวิทยาลัยนเรศวร สรุปความว่า บทความนี้ได้นำเสนอวิวัฒนาการกว่า 100 ปี ของเทคโนโลยีพลังงานลมนับจากอดีตถึงปัจจุบัน ศักยภาพของพลังงานลมในประเทศไทย ทฤษฎีพลังงานลม ส่วนประกอบหลัก จุดเด่น จุดด้อย และผลกระทบของกังหันลมผลิตไฟฟ้าแบบต่างๆ การที่จะให้กังหันลมผลิตไฟฟ้าเข้ามาทดแทนการผลิตไฟฟ้าแบบอื่นๆ ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันทั้งหมดคงเป็นไปได้ เพราะในอนาคตรูปแบบการใช้พลังงานจะหลากหลายมากขึ้น การใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลจะลดลงเนื่องจากส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม สัดส่วนการใช้พลังงานจากแหล่งพลังงานหมุนเวียนเช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานน้ำ พลังงานมวลชีวภาพ และพลังงานลมจะสูงขึ้น ถึงแม้ว่าประเทศไทยมีอัตราเร็วของลมไม่สูงนัก แต่ก็สามารถนำมาใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าในระดับกิโลวัตต์ได้ ถ้าเริ่มวิจัยและพัฒนาตั้งแต่วันนี้ ในอนาคตประเทศไทยจะมีเทคโนโลยีพลังงานลมเป็นของตัวเอง ไม่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศทั้งหมดเหมือนเช่นเทคโนโลยีอื่นๆ อย่างในปัจจุบัน

ปรีชญ์ พรหมรักษ์ และคณะ (2549) ได้ทำวิจัยเรื่อง การปรับปรุงและพัฒนา ระบบกังหันลมผลิตไฟฟ้า ผลการวิจัยกล่าวว่า เมื่อ 8 ปีที่แล้ว การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมไม่คุ้มกับการลงทุน แต่ในปัจจุบันบริษัทยักษ์ใหญ่ทางด้านพลังงานของโลก เริ่มหันมาลงทุนในธุรกิจพลังงานไฟฟ้าจากลมกันอย่างมากมาย ประเทศไทยมีกำลังการผลิตไฟฟ้ารวมทั้งประเทศประมาณ 18,000 MW ซึ่งส่วนใหญ่ผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานความร้อนจากแก๊สธรรมชาติถึง 2 ใน 3 หรือกว่า 12,000 MW เป็นไฟฟ้าจากพลังงานน้ำ 2,800 MW นอกจากนั้น เป็นพลังงานในรูปอื่นๆ เช่น พลังงานมวลชีวภาพ และพลังงานแสงอาทิตย์ โดยประเทศไทยนำเข้าพลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลทั้งในรูปแบบของน้ำมันดิบ แก๊สธรรมชาติ และ ถ่านหิน รวมสูงถึง 50 ล้านตันต่อปี ประเทศไทยมีการทดลองใช้พลังงานลม ที่สถานีทดลองไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานลม จ. ภูเก็ต ด้วยกำลังการผลิต

เพียง 200 kW ประเทศไทยยังไม่มีการศึกษาอย่างจริงจังในเรื่องของการนำพลังงานลมมาใช้ประโยชน์ให้มากที่สุด ในขณะที่ประเทศในทวีปยุโรป อเมริกา และแม้กระทั่งจีนกับอินเดีย ได้ทำการวิจัยและพัฒนากังหันลมผลิตไฟฟ้าในระบบที่ง่าย ไม่ซับซ้อน และเราน่าจะสามารถทำได้เองโดยไม่ต้องง้อเทคโนโลยีจากต่างประเทศ เหมือนอย่างเช่นอินเดียและจีน ซึ่งผลิตกังหันลมผลิตไฟฟ้าใช้ได้เอง ในขณะที่ระบบของพลังงานแสงอาทิตย์มีราคาสูง พลังงานลมจึงเป็นแหล่งพลังงานทดแทนจากธรรมชาติซึ่งสามารถนำมาใช้ได้โดยไม่มีวันหมด ที่น่าจะทำให้เป็นจริงในเชิงธุรกิจได้มากที่สุด และจะช่วยให้เราสามารถพึ่งตนเอง

เดช ดำรงค์ศักดิ์ และ ยงยศ วุฑฒิโกวิทย์ (2547) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การวิเคราะห์ศักยภาพพลังงานลมสำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้า ผลการวิจัยกล่าวว่า อัตราเร็วลมเฉลี่ยทั้งปีที่สำนักงานเขตอนุรักษ์พันธุ์สัตว์ป่าสะเมิง อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่มีค่า 4.1 m/s ซึ่งสูงกว่า 3 m/s เป็นอัตราเร็วลมเริ่มต้นที่สามารถนำไปผลิตไฟฟ้าได้ และมีอัตราเร็วลมกรรโชกสูงสุด 25 m/s โดยระบบกังหันลมจะสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ประมาณ 507,264 ยูนิิตต่อปี เมื่อหันกังหันไปรับลมที่มาจากทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ

วิกันดา ศรีเดช (2551) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การกำหนดลักษณะใบกังหันลมเพื่อผลิตพลังงานให้ได้มากที่สุดในสถิติลมเฉพาะพื้นที่ ผลการวิจัยกล่าวว่า กังหันลมมักจะถูกออกแบบให้เปลี่ยนพลังงานลมที่อัตราเร็วค่าหนึ่งไปเป็นพลังงานกลให้ได้มากที่สุด โดยคำนึงถึงตัวแปรออกแบบ (Design variable) หลายตัว เช่น ขนาดใบ อัตราเร็วรอบ ความสอบ (Taper) มุมบิดใบ (Twist angle) อัตราส่วนความเร็วปลายใบ (Tip speed ratio) และมุมเฝิน (Pitch angle) มุมเฝินที่กำหนดเป็นสิ่งสำคัญยิ่งเพราะจะส่งผลโดยตรงต่อค่ามุมปะทะ (Angle of attack) ที่ใบกังหันกระทำต่อลม ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อแรงลมที่กระทบบังหัน ดังนั้นมุมเฝินที่ดีที่สุดในแต่ละพื้นที่หรือภูมิภาคย่อมแตกต่างกันแม้ว่าอัตราเร็วลมเฉลี่ยจะเท่ากันก็ตาม เพราะสถิติลมในแต่ละพื้นที่จะมีความเบ้ต่างกัน ทำให้อัตราเร็วลมที่ให้ความหนาแน่นพลังงานสูงสุดมีค่าต่างกัน งานวิจัยนี้มุ่งหามุมเฝินที่ดีที่สุดของใบกังหันโดยใช้วิธีการเชิงทฤษฎีร่วมกับสถิติลมเฉพาะพื้นที่เพื่อให้ได้งานรายปีสูงสุด ทฤษฎีสำคัญที่ใช้คือ ทฤษฎี Blade element momentum ร่วมกับแบบจำลองชดเชยการสูญเสียการไหล เพื่อปรับแก้การไหลเชิงอุดมคติให้สอดคล้องกับความเป็นจริงยิ่งขึ้น ได้พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในภาษา MATLAB เพื่อใช้เปรียบเทียบผลการทำนายกับผลการทดลองของกังหันลมในสองลักษณะคือกังหันลมแบบใบตรงและกังหันลมแบบใบบิด ได้ใช้โปรแกรมค้นหามุมเฝินที่ดีที่สุดในสถิติลมอันหนึ่ง โดยการปรับมุมเฝินไปจนกระทั่งได้งานรายปีสูงสุด จากนั้นได้คำนวณหามุมเฝินที่ดีที่สุดในกรณีที่สถิติลมเปลี่ยนไปจากเดิมโดยยังมีอัตราเร็วลมเฉลี่ยเท่าเดิมแต่มีความเบ้ของสถิติลมต่างไปจากเดิม พบว่ามุมเฝินที่ดีที่สุดเปลี่ยนไปจากเดิมทั้งนี้ น่าเป็นสาเหตุจากการที่ค่าอัตราเร็วลมที่ให้ความหนาแน่นกำลังงานลมสูงสุดเปลี่ยนไป

ตามความเบ้ของสถิติลม พบว่าการปรับมุมเฟินเพียงเล็กน้อยอาจส่งผลให้ได้งานรายปีต่างกันพอสมควรในสถิติลมที่มีความเบ้แตกต่างกัน ซึ่งส่งผลกระทบต่อระบบของกังหันลมได้มากพอสมควร

ปกรณ์ อเนกพรพิบูลย์ และคณะ (2552) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนากังหันลมแนวตั้งเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้า ผลการวิจัยกล่าวว่า การทำงานของกังหันลมแนวตั้งซึ่งสามารถปรับองศาของใบพัดในการรับลมได้นั้นสามารถใช้ผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมและเกษตรกรรมสำหรับอัตราเร็วลมต่างๆ กัน และได้ใช้ความรู้ในด้านพลศาสตร์และอากาศพลศาสตร์ประกอบการออกแบบกังหันลมโดยดัดแปลงจากกังหันลมทั่วไปให้มี 3 ชั้น และทำจากวัสดุที่หาง่ายเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดในการผลิตกระแสไฟฟ้า

ชโลธร ธรรมแท้ และ ทวีช จิตรสมบุญณ์ ได้ทำการวิจัยเรื่อง การจำลองเชิงตัวเลขของกังหันลมแกนนอนแบบใบบิด ผลการวิจัยกล่าวว่า การจำลองการไหลที่สภาวะคงตัวผ่านกังหันลมแกนนอนที่มีการบิดใบกังหันลมด้วยโปรแกรม 'Fluent' เพื่อทดสอบความแม่นยำของโปรแกรม การจำลองการไหลทำโดยหาผลเฉลยของสมการที่เขียนแทน กฎการอนุรักษ์มวลและโมเมนตัม ด้วยวิธีปริมาตรจำกัดในสามมิติ โดยใช้วิธีการของอัตราเร็วสัมพัทธ์ที่ให้ออกมาอยู่กับที่เมื่อเทียบกับแกนอ้างอิงที่หมุนไป ได้ศึกษาสองกรณีหลักคือ การไหลแบบไม่คิดความหนืด และแบบคิดความหนืด (โดยคำนวณร่วมกับแบบจำลองความปั่นป่วน k-epsilon) ได้ใช้วิธีการปรับกริดแบบละเอียดเฉพาะที่ (Local Grid Refinement) และได้ศึกษาความเป็นอิสระของผลลัพธ์ต่อขนาดของกริดด้วย เมื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์กับการทดลองกังหันลมของ National Renewable Lab. (USA) พบว่าผลจากการคำนวณสอดคล้องกับการทดลองเป็นอย่างดีทั้งกรณีที่ไม่คิดความหนืดและคิดความหนืด โดยเฉพาะในกรณีที่ไม่เกิดการ stall แสดงว่า การจำลองการไหลด้วยโปรแกรม Fluent มีความแม่นยำเพียงพอที่จะใช้ทำนายพฤติกรรมกรรมการไหลของลมผ่านกังหันลมแบบแกนนอนได้ ซึ่งจะใช้โปรแกรม Fluent ช่วยในการออกแบบกังหันลมได้

โซวาน เลง (2551) ได้ทำการวิจัยเรื่อง เสถียรภาพของกริดขนาดเล็กที่มีแหล่งผลิตกำลังไฟฟ้าจากลม ผลการวิจัยกล่าวว่า การพัฒนาแบบจำลองเชิงพลวัตของกริดขนาดเล็กประกอบด้วยกังหันลมขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกรงกระรอก และแบบดับลีเฟด (Doubly-fed) เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบซิงโครนัส และโหลดที่มีองค์ประกอบบางส่วนเป็นแบบโหลดกำลังไฟฟ้าคงตัว การแปรผันของอัตราเร็วลมตามธรรมชาติถูกจำลองด้วยค่าสุ่มที่มีการกระจายแบบไวน์บูล ทำการศึกษาสมรรถนะเชิงพลวัตของระบบดังกล่าวภายใต้การรบกวนทั้งขนาดใหญ่และขนาดเล็ก รวมถึงสมรรถนะของระบบภายใต้การทำงานแบบแยกอิสระจากกริดหลัก พร้อมทั้งเปรียบเทียบระหว่างการควบคุมกังหันลมและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่ต่างกันไปในสามแบบ ได้แก่ แบบอัตราเร็วโรเตอร์คงตัว

แบบอัตราเร็วโรเตอร์แปรผัน เพื่อควบคุมค่ากำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ และแบบอัตราเร็วโรเตอร์แปรผัน เพื่อควบคุมแรงดันที่ขั้วเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยให้ความสำคัญเป็นพิเศษกับการแกว่งของกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากกังหันลม และผลกระทบของการแกว่งของกำลังไฟฟ้างดงกล่าวต่อกำลังไฟฟ้าที่ไหลผ่านจุดเชื่อมต่อกับกริดหลัก เพื่อรักษาเสถียรภาพของความถี่ในกริดขนาดเล็กรั้น นอกจากนี้ยังได้ศึกษาผลของการสับปลดตัวเก็บประจุที่ติดตั้งไว้บริเวณสถานีไฟฟ้าพลังงานลมเพื่อชดเชยกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟที่มีต่อเสถียรภาพของกริดขนาดเล็กรั้นด้วย นอกจากการศึกษาด้วยการจำลองแบบเชิงเวลาแล้ว ยังได้วิเคราะห์สัญญาณขนาดเล็กรของระบบที่ทำให้เป็นเชิงเส้น เพื่อศึกษาพฤติกรรมที่เกี่ยวข้องกับเสถียรภาพเชิงสัญญาณขนาดเล็กรของระบบ ผลจากงานวิจัยนี้ สามารถนำไปใช้กำหนดความต้องการเชิงสมรรถนะของการควบคุมกริดขนาดเล็กรที่ผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลม เพื่อให้สามารถทำงานได้อย่างน่าเชื่อถือและมีเสถียรภาพต่อไปในอนาคต

ศราวุฑ วังพลับ และ ศราวุฑ สุขเจริญ (2543) ได้ทำการวิจัย เรื่อง การออกแบบและสร้างกังหันลมแกนตั้ง ผลการวิจัยกล่าวว่า การออกแบบและสร้างกังหันลมแกนตั้งอัตราเร็วรอบต่ำสำหรับผลิตกระแสไฟฟ้า โดยใช้วัสดุที่เป็นเหล็กเกือบทุกส่วนจึงมีความแข็งแรงทนทานมาก สามารถหมุนด้วยอัตราเร็วรอบสูงได้โดยไม่เกิดความเสียหาย และพบว่ากังหันลมที่สร้างขึ้นนี้ให้ประสิทธิภาพต่ำ คือ ประมาณ 3-6 % และอัตราเร็วที่ได้ค่อนข้างช้า อันเนื่องมาจากปัจจัย คือ ลม สถานที่ตั้ง และน้ำหนัก

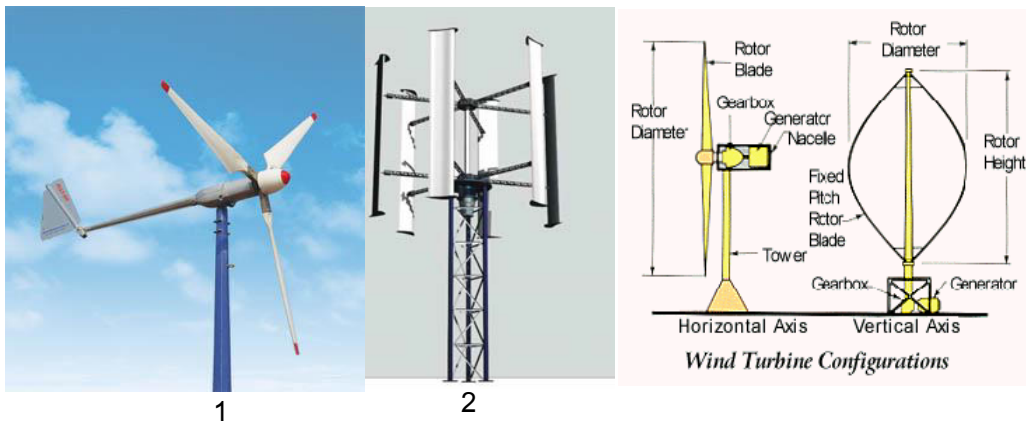
2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับปัญหาการวิจัย

ลมเป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติที่เกิดจากอิทธิพลของดวงอาทิตย์และแรงเนื่องจากการหมุนของโลก โดยผิวของโลกในแต่ละส่วนได้รับพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์ไม่เท่ากัน ทำให้มวลอากาศที่มีอุณหภูมิสูงมีความหนาแน่นลดลง จึงเบาและลอยขึ้นสู่เบื้องบนทำให้บริเวณนั้นเกิดเป็นหย่อมความกดอากาศต่ำ ส่วนมวลอากาศบริเวณใกล้เคียงเป็นหย่อมความกดอากาศสูงที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า และมีความหนาแน่นมากกว่าจึงเคลื่อนเข้ามาแทนที่ด้วยผลต่างของความกดอากาศ ปัจจัยดังกล่าวเป็นผลให้มวลอากาศเกิดการเคลื่อนที่ซึ่งเรียกว่า ลม

ลมเป็นพลังงานที่มนุษย์ใช้มานานกว่า 2,000 ปี โดยใช้กังหันลม (wind turbine) ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานจลน์จากการเคลื่อนที่ของลมให้เป็นพลังงานกล แล้วนำพลังงานกลมาใช้ประโยชน์โดยตรง เช่น การบดสีเมล็ดพืช การสูบน้ำ หรือในปัจจุบันใช้ผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้า การพัฒนากังหันลมเพื่อใช้ประโยชน์มีมาตั้งแต่ชนชาวอียิปต์โบราณและมีความต่อเนื่อง

มาถึงปัจจุบัน การออกแบบกังหันลมอาศัยความรู้ทางด้านพลศาสตร์ของลมและหลักวิศวกรรมศาสตร์ในแขนงต่างๆ เพื่อให้ได้กำลัง งาน พลังงาน และประสิทธิภาพสูงสุด

ประเทศไทยมีศักยภาพของพลังงานลมต่ำยกเว้นบริเวณชายฝั่งอ่าวไทยและทะเลอันดามันรวมทั้งบริเวณเกาะและที่ราบปากแม่น้ำเจ้าพระยา ปัจจุบันการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยได้ติดตั้งสถานีทดลองผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานลมที่แหลมพรหมเทพ จังหวัดภูเก็ต โดยการทดลองใช้งานและเก็บข้อมูลเพื่อการพัฒนาระบบในอนาคต พลังงานลมที่จะนำมาใช้หมุนกังหันลมได้ จะต้องมีอัตราเร็วลมเฉลี่ยอย่างต่ำ (start up wind speed) 2.5 m/s โดยทั่วไปแล้วเราจำแนกกังหันลมตามลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างแกนหมุนของกังหันลมกับทิศทางของกระแสลมเป็น 2 ประเภท คือ กังหันลมใบพัดแนวตั้ง (vertical axis wind turbine) และกังหันลมใบพัดแนวนอน (horizontal axis wind turbine) ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 กังหันลมใบพัดแนวตั้งและกังหันลมใบพัดแนวนอน

ที่มา http://www.mastertower.com/new_products.htm

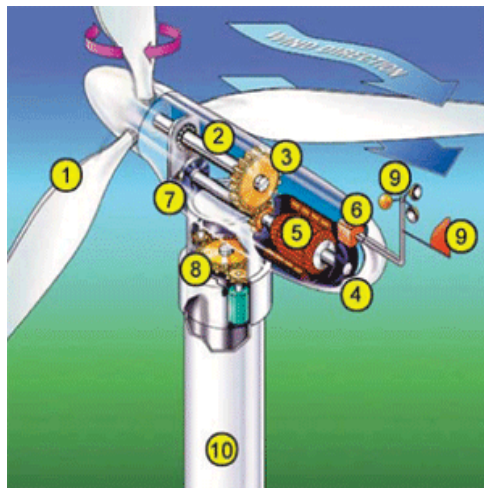
จากรูป 2.1

1. กังหันลมใบพัดแนวตั้ง มีแกนหมุนและใบพัดตั้งฉากกับแนวการเคลื่อนที่ของแรงลม สามารถรับลมได้ทุกทิศทาง แต่ลักษณะใบพัดนั้นจะมีขนาดใหญ่ นำไปใช้งานได้ยาก และพัฒนาให้มีกำลังการผลิตสูงๆ และติดตั้งในที่สูงๆ ได้ยาก การลงทุนสูง จึงไม่ได้รับความนิยมในปัจจุบัน

2. กังหันลมใบพัดแนวนอน มีแกนหมุนตั้งขนานกับแนวการเคลื่อนที่ของลม แต่ใบพัดจะตั้งฉากเพื่อรับลม ส่วนใหญ่มีจำนวนใบพัด 2-3 ใบ เพื่อความต่อเนื่องในการรับลม และได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องเพื่อใช้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้ามีขนาดตั้งแต่ 200 W จนถึงขนาดใหญ่ 5 MW

กังหันลมผลิตไฟฟ้า คือเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งขับเคลื่อนด้วยใบพัดลมของกังหันลม ใบพัดลมทำหน้าที่รับพลังงานลมมาเปลี่ยนให้เป็นพลังงานกลที่ใช้หมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ใบพัดลมและเครื่องกำเนิดไฟฟ้ายึดติดเป็นชุดเดียวกัน ติดตั้งไว้บนเสาสูงเพื่อให้ได้ลมแรง แล้วจึงต่อสายไฟลงมาให้ใช้งาน ส่วนประกอบของกังหันลมสำหรับผลิตพลังงานไฟฟ้า ดังรูปที่ 2.2 ประกอบด้วย

1. ใบพัด เป็นตัวรับพลังลมแล้วเปลี่ยนให้เป็นพลังงานกลซึ่งยึดติดกับชุดแกนหมุนและส่งแรงจากแกนหมุนไปยังเพลาแกนหมุน
2. เพลาแกนหมุน รับแรงจากแกนหมุนใบพัดและส่งผ่านระบบกำลังเพื่อหมุนและปั่นเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
3. ห้องส่งกำลัง เป็นระบบปรับเปลี่ยนและควบคุมอัตราเร็วในการหมุนระหว่างเพลาแกนหมุนกับเพลาของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า



รูปที่ 2.2 แสดงส่วนประกอบภายในของกังหันลมใบพัดแนวอน

ที่มา http://www.mastertower.com/new_products.htm

4. ห้องเครื่อง มีขนาดใหญ่และมีความสำคัญต่อกังหันลม ใช้บรรจุระบบต่างๆ ของกังหันลม เช่น ระบบเกียร์ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า เบรก และระบบควบคุม
5. เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า
6. ระบบควบคุมไฟฟ้า
7. ระบบเบรก เป็นระบบกลไกเพื่อใช้ควบคุมการหยุดหมุนของใบพัดและเพลาแกนหมุนของกังหัน เมื่อได้รับอัตราเร็วลมเกินความสามารถของกังหันที่จะรับได้ และในระหว่างการซ่อมบำรุงรักษา

8. แกนคอกหมุนรับทิศทางลม เป็นตัวควบคุมการหมุนห้องเครื่อง เพื่อให้ใบพัดรับทิศทางลมโดยระบบอิเล็กทรอนิกส์ที่เชื่อมต่อให้มีความสัมพันธ์กับหางเสือรับทิศทางลมที่อยู่ด้านบนของเครื่อง

9. เครื่องวัดอัตราเร็วลมและทิศทางลม ซึ่งเชื่อมต่อสายสัญญาณเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์ เพื่อเป็นตัวชี้ขนาดของอัตราเร็วและทิศทางของลม เพื่อคอมพิวเตอร์จะได้ควบคุมกลไกอื่นๆ ได้ถูกต้อง

10. เสาตั้งอยู่บนพื้นที่ที่ทำการก่อสร้างอย่างถูกวิธีตามหลักวิศวกรรม เป็นตัวแบกรับส่วนที่เป็นตัวเครื่องและใบพัดที่อยู่บนเสา ความสูงของเสาจะช่วยให้กังหันลมรับลมได้ดี และไม่มีสิ่งกีดขวาง



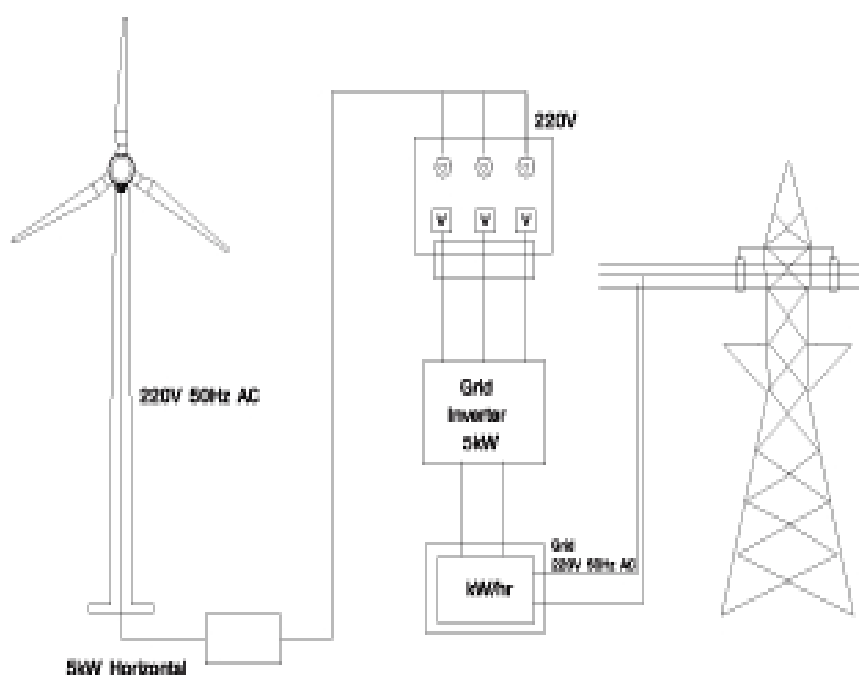
รูปที่ 2.3 แสดงไฟฟ้าที่ผลิตได้จากกังหันลมและสามารถนำไปใช้งานในบ้านได้

ที่มา : <http://research.crma.ac.th/2549/images/8/87/Document2.doc> (p42)

จากรูปที่ 2.3 แสดงการนำพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากกังหันลมไปใช้งาน ดังนี้

1. เก็บไฟฟ้าที่ผลิตได้ไว้ในแบตเตอรี่ แล้วใช้ตัวทำกระแสสลับ (inverter) แปลงผัน (convert) ไฟฟ้ากระแสตรงจากแบตเตอรี่เป็นไฟฟ้ากระแสสลับส่งไปใช้งานในบ้าน โดยแบตเตอรี่ที่นำมาใช้งานควรเป็นแบตเตอรี่แห้ง (deep cycle battery) และตัวทำกระแสสลับควรเป็นแบบ off-grid inverter

2. ส่งไฟฟ้าที่ผลิตได้ไปใช้กับระบบไฟฟ้าของบ้านหรืออาคารโดยตรง เป็นการใช้งานแบบคู่ขนานกับไฟฟ้าที่ได้รับมาจากการไฟฟ้านครหลวงหรือการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคการติดตั้งแบบนี้ต้องขออนุญาตก่อนและจะต้องมีวิศวกรไฟฟ้ารับรองในการติดตั้ง การติดตั้งวิธีคู่ขนานนี้เป็นการช่วยประหยัดไฟฟ้า โดยระบบที่ติดตั้งจะตัดให้มีการใช้กระแสไฟฟ้าที่ได้รับจากกังหันลมก่อน และถ้ากระแสไฟฟ้าที่ได้รับไม่พอก็จะให้ใช้ไฟฟ้าจากระบบปกติ วิธีนี้จะช่วยให้ประหยัดค่าไฟฟ้าได้มากเท่าที่กังหันลมสามารถผลิตไฟฟ้าได้ การติดตั้งด้วยวิธีนี้จะ เป็นแบบเชื่อมต่อเข้าสู่ระบบสายส่ง (grid connected system) เป็นการติดตั้งใช้งานในกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาดใหญ่ซึ่งจะทำการเชื่อมต่อกับระบบสายส่งไฟฟ้าโดยตรง ไม่ต้องมีชุดเก็บพลังงานหรือแบตเตอรี่ (battery bank) โดยชุดแปลงไฟฟ้า (inverter) ของระบบ ดังรูปที่ 2.4



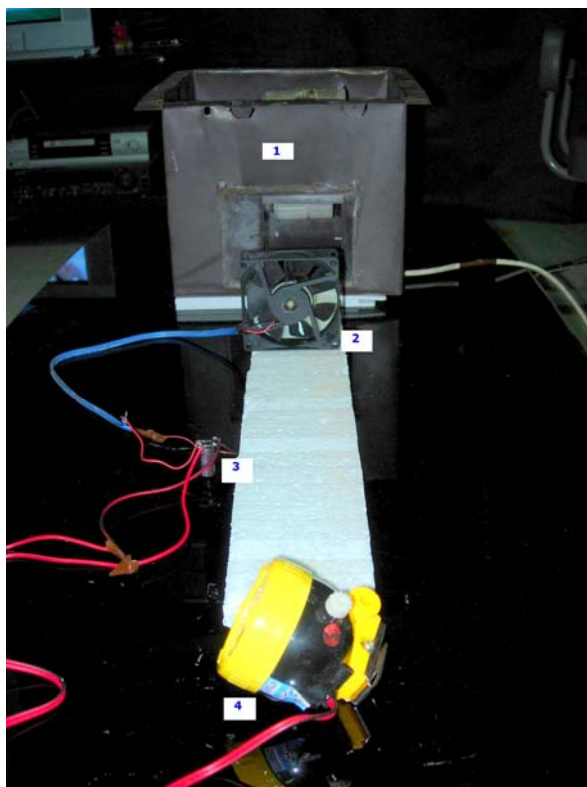
รูปที่ 2.4 ระบบการติดตั้งแบบเชื่อมต่อเข้าสู่ระบบไฟฟ้าของบ้านหรืออาคารโดยตรง

ที่มา <http://www.prapai.co.th/knowledgeview.php?nid=34>

ระบบการติดตั้งแบบนี้จะมีราคาสูงกว่าชุดแปลงไฟฟ้าทั่วไป เนื่องจากมีระบบควบคุมที่ซับซ้อนและต้องสามารถเชื่อมต่อเข้ากับระบบสายส่งได้ (grid tie transfer) นอกจากนี้ชุดแปลงไฟฟ้าของระบบนี้ยังมีหน้าที่สำคัญที่จะต้องควบคุมแรงดันหรือความถี่ทางไฟฟ้าให้เหมาะสมและสามารถป้องกันกระแสไฟฟ้าช้อนไปกับไฟฟ้าจากสายส่งหลักได้

3. ขายไฟฟ้าที่ผลิตได้ให้กับการไฟฟ้านครหลวงหรือการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยผู้ขายต้องยื่นคำขอและทำตามระเบียบของหน่วยงานดังกล่าว จนได้รับอนุมัติและทำสัญญาขายไฟฟ้า โดยจะมีขนาดไม่เกิน 10 MW ซึ่งเรียกว่าผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็กมาก (VSPP) โดยผู้ขายจะได้สิทธิ์รับเงินอุดหนุน (adder) จากการไฟฟ้านครหลวงหรือการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเพิ่มอีกหน่วยละ 3.50 บาท (รวมค่าเฉลี่ยต่อหน่วยที่ขาย ประมาณ 6 บาท) เป็นระยะเวลา 10 ปี นอกเหนือจากราคารับซื้อไฟฟ้าตามปกติ

จากแนวคิดในการประดิษฐ์กั้นล้มผลิตไฟฟ้า การนำผลผลิตที่ได้มาใช้ประโยชน์ และปัญหาการขาดแคลนพลังงานซึ่งเป็นปัญหาที่ทุกประเทศทั่วโลกต่างให้ความสำคัญรวมถึงการรณรงค์เพื่อการอนุรักษ์โดยไม่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม ผู้วิจัยจึงได้ศึกษา ค้นคว้า และจัดทำสิ่งประดิษฐ์คือ แบบจำลองกั้นล้มผลิตไฟฟ้าขึ้น ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 แบบจำลองกั้นล้มผลิตไฟฟ้าที่ใช้ในงานวิจัยนี้

จากรูปที่ 2.5 แบบจำลองกังหันลมผลิตไฟฟ้าที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ประกอบด้วย

- | | |
|---|-------|
| 1. เครื่องเป่าลม | 1 ตัว |
| 2. ลวดทองแดงเบอร์ 40 นำมาพันเป็นขดลวดขดละ 550 รอบ จำนวน 4 ขด และมีแม่เหล็กทรงกระบอกที่มีค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก 0.7 mT รวมเป็นขุดกังหันลม และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า | 1 ชุด |
| 3. วงจรทำกระแสตรงแบบบริดจ์ | 1 ชุด |
| 4. หลอดไฟ LED จำนวน 7 หลอด | 1 อัน |

ส่วนประกอบหลักของแบบจำลองกังหันลมผลิตไฟฟ้าทั้ง 4 ส่วน ทำหน้าที่ ดังนี้

- 1. เครื่องเป่าลม** ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานลม แล้วส่งพลังงานลมออกจากปากเครื่องเป่าลมพื้นที่ $A = 0.07\text{m} \times 0.08\text{m}$ พลังงานจลน์ของลมคือการเคลื่อนที่ของมวลอากาศ (Lysen, 1982) เขียนแทนด้วยสมการ



รูปที่ 2.6 เครื่องเป่าลม

จากนิยามของกำลังซึ่งกล่าวว่า กำลังคือ อัตราการเปลี่ยนแปลงของพลังงาน

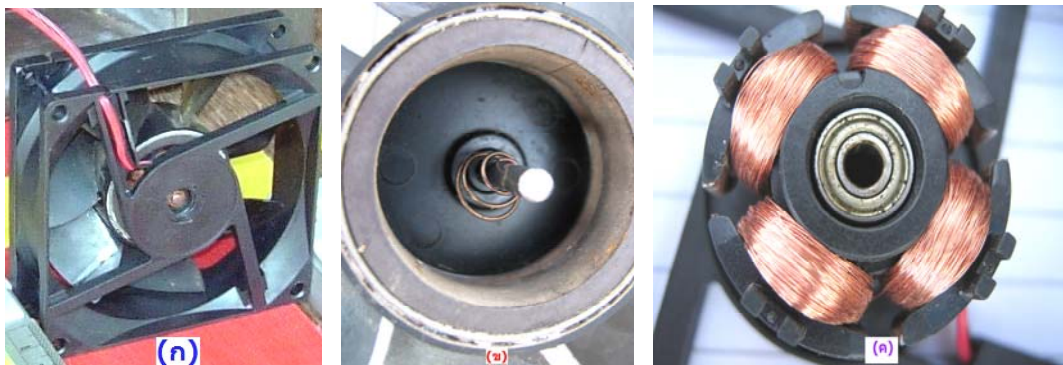
กำลังของลมเป็น input กระทำต่อใบพัดของกังหันลม คือ

$$P_{\text{air}} = \frac{1}{2} (\rho_{\text{air}})_{T^{\circ}\text{C}} A v_{\text{air}}^3$$

หรือกำลังของลมจากเครื่องเป่าลมที่ส่งไปกระทำต่อกังหันลม จะมีค่าเป็น

$$P_{\text{air}} = \frac{1}{2} \frac{(273.15\text{K})\rho_0}{(T + 273.15\text{K})} Av_{\text{air}}^3$$

2. กังหันลมและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานลมเป็นพลังงานกล ในการหมุนแม่เหล็กตัดขดลวดซึ่งวางอยู่หนึ่ง เมื่อสนามแม่เหล็กเกิดการเปลี่ยนแปลงจะเกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นในขดลวดแล้วส่งกระแสเหนี่ยวนำจากขดลวดไปยังวงจรทำกระแสตรงแบบบริดจ์



รูปที่ 2.7 (ก) ภาพรวมของกังหันลมและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (ข) แม่เหล็กทรงกระบอกในกังหันลม (ค) ขดลวดในกังหันลม

จากรูป 2.5 เมื่อเสียบปลั๊กไฟเครื่องเป่าลม ใบพัดของเครื่องเป่าลมจะหมุน ส่งลมไปยังกังหันลม ดังรูป 2.7 (ก) เมื่อใบกังหันลมหมุน แม่เหล็กทรงกระบอก ดังรูป (ข) ซึ่งสวมติดอยู่ที่จุดศูนย์กลางของใบพัดลมจะทำหน้าที่เป็น magneto หมุนสนามแม่เหล็กทรงกระบอกตัดกับขดลวด ดังรูป (ค) ซึ่งอยู่หนึ่ง จะเกิดความต่างศักย์ก่อกำเนิดเหนี่ยวนำ (induced generating voltage) ขึ้นในขดลวด โดยฟาราเดย์ (Faraday) พบว่า เมื่อสนามแม่เหล็กทรงกระบอกเกิดการเปลี่ยนแปลงจะเกิดความต่างศักย์ก่อกำเนิดเหนี่ยวนำขึ้นในขดลวด ค่าความต่างศักย์ก่อกำเนิดเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นจะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นกับจำนวนรอบของขดลวด พื้นที่หน้าตัดของขดลวด และความเข้มสนามแม่เหล็ก

กฎของฟาราเดย์เขียนแทนด้วยสมการ $V_{\text{gen}} = -N\{d(\vec{B} \cdot \vec{A})/dt\}$ ซึ่งเราสามารถนำความต่างศักย์ก่อกำเนิดเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นไปใช้ประโยชน์ด้านต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันได้

3. วงจรทำกระแสตรงแบบบริดจ์ ทำหน้าที่เปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง ส่งไปยังหลอดไฟ



รูปที่ 2.8 วงจรทำกระแสตรงแบบบริดจ์

แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นก่อให้เกิดไฟฟ้ากระแสสลับส่งออกจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าไปยังวงจรทำกระแสตรงแบบบริดจ์ ดังรูปที่ 2.8 ซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงส่งไปยัง load resistance คือ หลอด LED จำนวน 7 หลอด ดังรูปที่ 2.9

4. หลอดไฟ ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานแสง



รูปที่ 2.9 พลังงานไฟฟ้าที่ทำให้หลอดไฟ LED ให้พลังงานแสง

หากำลังที่กังหันลมผลิตได้ (output) โดยกังหันลมทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานลมเป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับที่ผลิตได้ แล้ววัดความต่างศักย์ไฟฟ้า (V_{AC}) และกระแสสลับ (I_{AC}) เมื่อมีโหลดคือ วงจรทำกระแสตรงแบบบริดจ์ และหลอด LED จำนวน 7 หลอด จากนิยามของกำลังทางไฟฟ้า คือ

$$P = V_{AC} I_{AC}$$

หาประสิทธิภาพของกังหันลม จากสูตร

$$\text{ประสิทธิภาพ} = e = \frac{\text{output}}{\text{input}} \times 100 \%$$

$$\therefore e = \frac{V_{AC} I_{AC}}{\frac{1}{2} \left(\frac{(273.15K) \rho_0 A v_{air}^3}{(T + 273.15K)} \right)} \times 100 \%$$

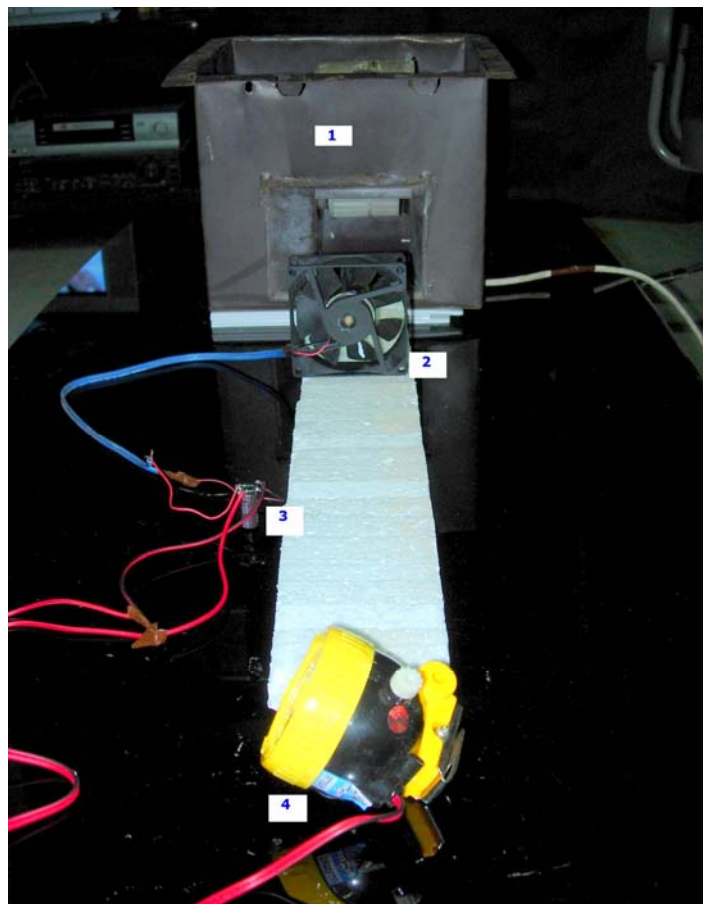
$$\therefore e = \frac{2(T + 273.15K) V_{AC} I_{AC}}{(273.15K) \rho_0 A v_{air}^3} \times 100 \%$$

บทที่ 3

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

แบบจำลองกังหันลมผลิตไฟฟ้าที่ใช้ในงานวิจัยนี้ประกอบด้วยอุปกรณ์หลักคือ (1) เครื่องเป่าลม (2) กังหันลมและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (3) วงจรทำกระแสตรงแบบบริดจ์ (4) หลอดไฟ



รูปที่ 3.1 ส่วนประกอบของแบบจำลองกังหันลมผลิตไฟฟ้า

พิจารณาการทำงานของอุปกรณ์หลักแต่ละตัว

3.1.1 เครื่องเป่าลม



รูปที่ 3.2 เครื่องเป่าลม

งานวิจัยนี้ใช้พัดลมระบายอากาศ (ventilating fan) ทำหน้าที่เป็นเครื่องเป่าลมซึ่งมีใบพัดลมทรงกระบอกจำนวน 36 ใบ เส้นผ่านศูนย์กลาง 12 cm สูง 6.3 cm แต่ละใบกว้าง 1 cm ใช้มอเตอร์ 220 VAC 50 Hz หมุนในอัตราเร็วเฉลี่ย 2880 rpm ส่งพลังงานลมออกจากปากเครื่องเป่าลมมีพื้นที่ $A = 0.07\text{m} \times 0.08\text{m}$ ไปยังกังหันลมและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ดังรูปที่ 3.2

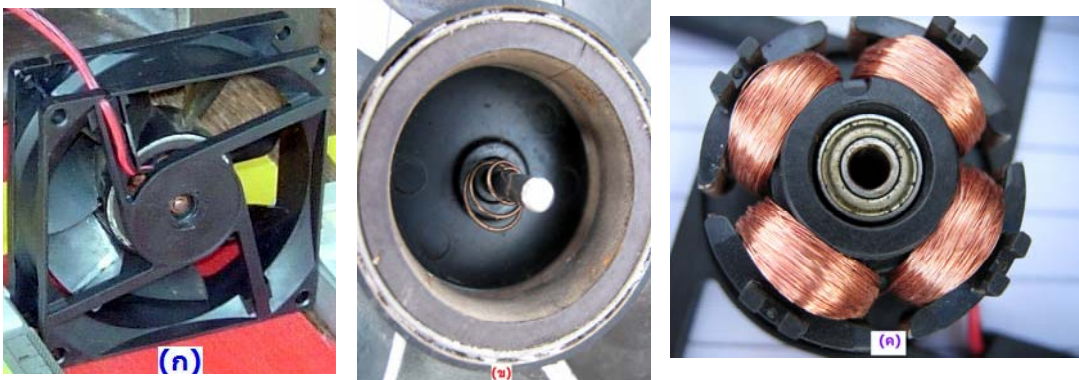
3.1.2 กังหันลมและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า



รูปที่ 3.2 กังหันลมและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ประกอบด้วย ใบพัดลม 7 ใบ แต่ละใบสูง 19 mm ทรงกระบอกของใบพัดซึ่งฝังแม่เหล็กทรงกระบอกไว้ข้างใน มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกเท่ากับ 37 mm และใบพัดมี

เส้นผ่านศูนย์กลางนอกสุด 74 mm ที่จุดศูนย์กลางของใบพัดฝังไว้ด้วยแม่เหล็กทรงกระบอก ที่มีค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก 70 mT หน้า 3 mm สูง 10 mm เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 27 mm เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 33 mm แกนเพลามีเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 mm และ แกนเพลาสอง 18 mm {รูปที่ 2.6 (ข)} ส่วนรูปที่ 26 (ค) คือ ขดลวดทองแดงเบอร์ 40 จำนวน 4 ขด พันไว้ขดละ 550 รอบ แต่ละขดมีพื้นที่ $A = 13\text{mm} \times 12\text{mm} = 156\text{ mm}^2$
 ดังรูปที่ 3.3

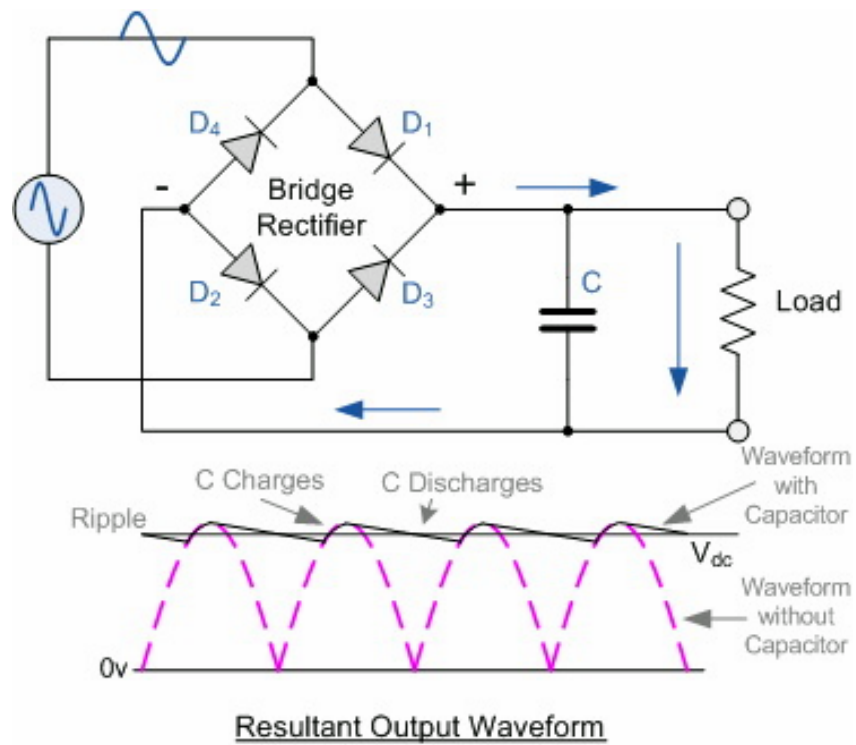


รูปที่ 3.3 (ก) กังหันลมและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (ข) แม่เหล็กทรงกระบอกในกังหันลม
 (ค) ขดลวดทองแดงตั้งอยู่ในกังหันลม

เมื่อเครื่องเป่าลม ส่งลมไปหมุนใบกังหันลม แม่เหล็กทรงกระบอกซึ่งสวมติดอยู่ที่จุดศูนย์กลางของใบพัดลมจะทำหน้าที่เป็น magneto หมุนสนามแม่เหล็กทรงกระบอกตัดกับ ขดลวดซึ่งอยู่นิ่ง จะเหนี่ยวนำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสสลับขึ้นในขดลวด แล้วส่งไปยัง วงจรทำกระแสตรงแบบบริดจ์

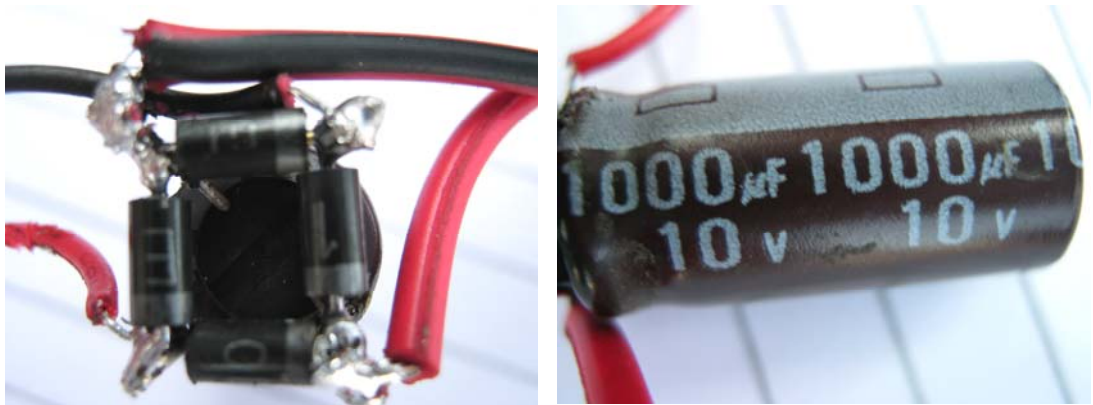
3.1.3 วงจรทำกระแสตรงแบบบริดจ์

ประกอบด้วย ไดโอด 4 ตัว ต่อแบบ bridge ทำหน้าที่เปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็น ไฟฟ้ากระแสตรง ดังรูปที่ 3.4 สำหรับตัวเก็บประจุใช้ขนาด 10 V 1000 μF ต่อขนานกับ โหลดดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.4 วงจรทำกระแสตรงแบบบริดจ์เชิงทฤษฎี

ที่มา http://www.electronics-tutorials.ws/diode/diode_6.html



รูปที่ 3.5 วงจรทำกระแสตรงแบบบริดจ์ที่ใช้งานจริง

3.1.4 หลอดไฟ

คือ load ในรูปที่ 3.4 ประกอบด้วยหลอด LED จำนวน 7 หลอด ทำหน้าที่เปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรงที่ส่งมาจากวงจรทำกระแสตรงแบบบริดจ์เป็นพลังงานแสง



รูปที่ 3.6 หลอด LED จำนวน 7 หลอด

3.2 วิธีการวิจัย

3.2.1 ค้นหาทั้งหมวลผลิตไฟฟ้าขนาดจิ๋ว จากมอเตอร์พัดลมระบายความร้อนของ cpu, power supply, case computer, และมอเตอร์พัดลมอื่นๆ ที่ผลิตไฟฟ้าได้โดยใช้ลมปากเป่าแล้วใช้เครื่องเป่าลมส่งลมไปยังใบพัดของมอเตอร์พัดลม ให้มอเตอร์พัดลมหมุนในอัตราเร็วคงตัวค่าหนึ่ง โดยวางกรอบของมอเตอร์พัดลมแต่ละตัวห่างจากเครื่องเป่าลมเท่ากัน

3.2.2 วัดความต่างศักย์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (V) และกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (I) ที่ผลิตได้

3.2.3 นำข้อมูลที่วัดได้มาเปรียบเทียบกันแล้วเลือกมอเตอร์ดีดใบพัดลมที่ให้ค่า V และ I สูงสุด

3.2.4 เลือกมอเตอร์ที่มีลดแรงเสียดทานของแกนเพลารอเตอร์ด้วยลูกปืนซีมที่มีฝาปิดตลับลูกปืนเป็นหลัก เพื่อให้หมุนได้คล่องและมีแรงเสียดทานต่ำที่สุด แล้วผ่ามอเตอร์เพื่อตรวจพินิจส่วนประกอบภายใน โดยตัดมอเตอร์ที่มีแปรงถ่าน (carbon brush) ทิ้งไป

3.2.5 เมื่อเลือกมอเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดได้แล้ว ทำการตัดขดลวดออกมาเพื่อใช้ SWG วัดเส้นผ่านศูนย์กลางของขดลวด แล้วพันขดลวดเบอร์ใหม่ให้ได้จำนวนรอบของขดลวดสูงที่สุดเท่าที่จะบรรจุลงไปได้ในร่อง slot ของ stator จากนั้นทำการวัดพื้นที่หน้าตัดของขดลวด และวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของใบพัดทั้งหมวล

3.2.6 ใช้ teslameter วัดความเข้มของสนามแม่เหล็ก B ของแม่เหล็กที่ทำหน้าที่เป็น magneto

3.2.7 ประกอบชิ้นส่วนของมอเตอร์กลับคืนรูปเดิม แล้วนำไปทำการทดลองเพื่อวัดค่า V และ I ทั้งไฟฟ้ากระแสสลับและไฟฟ้ากระแสตรงที่ผลิตได้ ณ ตำแหน่งต่างๆ เมื่อเลื่อนกรอบมอเตอร์พัดลมซึ่งทำหน้าที่เป็นกังหันลมห่างออกไปจากเครื่องเป่าลมครั้งละ 4 cm

3.2.8 นำมาตรฐานความเร็วลมและมาตรวัดรอบการหมุนของกังหันลม วัดอัตราเร็วลมและอัตรารอบการหมุนของใบพัดกังหันลม ณ ตำแหน่งห่างจากเครื่องเป่าลมทุก 4 cm

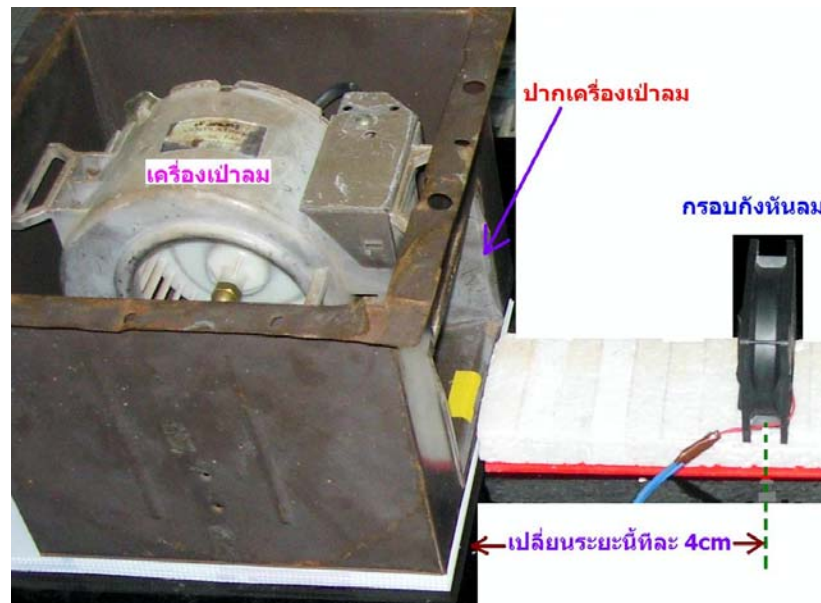
3.2.9 การวิเคราะห์ และสรุปผล

3.3 อุปกรณ์ประกอบการวิจัย ประกอบด้วย

3.3.1 มาตรฐานความเร็วลม (anemometer)	1	เครื่อง
3.3.2 มัลติมิเตอร์ (multimeter)	2	เครื่อง
3.3.3 มาตรฐานอัตรารอบ (tachonometer)	1	เครื่อง

3.4 การดำเนินการวิจัย

การวิจัยประกอบด้วยลำดับขั้น ดังนี้



รูปที่ 3.7 แสดงการวางเครื่องเป่าลมตั้งฉากกับกรอบกังหันลม

- 3.4.1 วางเครื่องเป่าลมตั้งฉากกับกรอบกังหันลมดังรูปที่ 3.7
- 3.4.2 วางกรอบกังหันลมให้ติดกับเครื่องเป่าลม
- 3.4.3 เปิดเครื่องเป่าลมส่งลมไปหมุนกังหันลม
- 3.4.4 ทุกกระยะ 4 cm ที่เคลื่อนกรอบกังหันลมออกไปจากเครื่องเป่าลมวัดตัวแปร

สำคัญคือ

3.4.4.1 ใช้มาตรฐานความเร็วลมวัดอัตราเร็วของลมและอุณหภูมิขณะทดลอง

3.4.4.2 ใช้มาตรฐานอัตราการรอบวัดอัตราการหมุนของกังหันลมน่าหมุนที่รอบ

ต่อมาที่

3.4.4.3 ใช้มาตรฐานความต่างศักย์วัดความต่างศักย์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้น

3.4.4.4 ใช้มาตรฐานกระแสไฟฟ้าวัดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้น

3.4.4.5 วัดความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นทั้งไฟฟ้า

กระแสตรงและไฟฟ้ากระแสสลับในขณะที่มีโหลดคือหลอดไฟ LED จำนวน 7 หลอด

3.4.4.5 นำตัวแปรสำคัญที่วัดได้มาวาดกราฟ (plot graph)



รูปที่ 3.8 แสดงการใช้มาตรฐานความเร็วลมวัดอัตราเร็วของลมและอุณหภูมิ



รูปที่ 3.9 แสดงการใช้มาตรฐานอัตราการรอบวัดอัตราการหมุนของกังหันลม



รูปที่ 3.10 แสดงการวัดความต่างศักย์ไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าทั้งไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระแสสลับในขณะที่มีโหลดคือหลอดไฟ LED จำนวน 7 หลอด

บทที่ 4

ผลการวิจัยและการวิเคราะห์

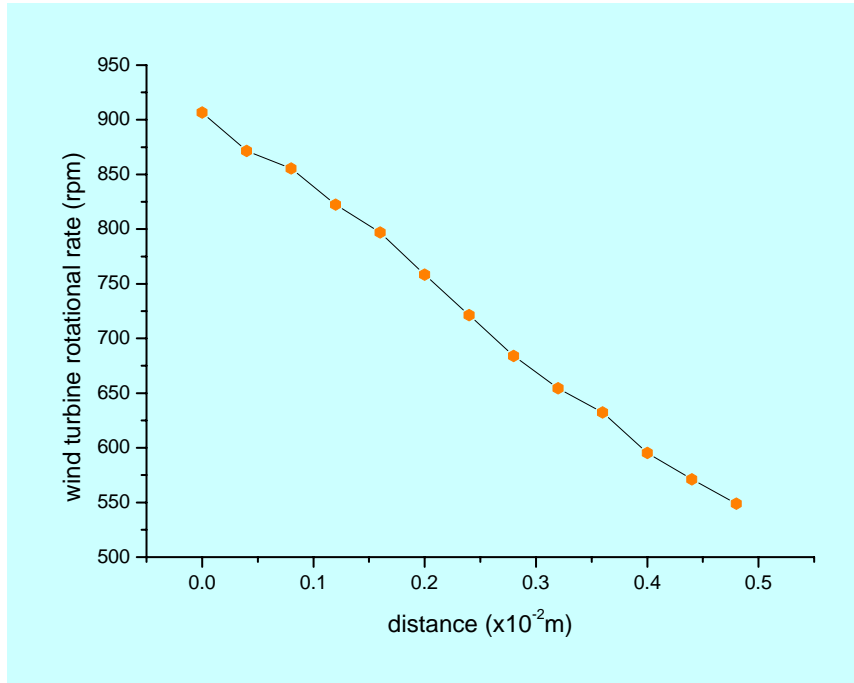
ผลการการวิจัยและการวิเคราะห์

การทดลองประกอบการวิจัยที่ 1 เมื่อวางกรอบกั้นลมที่ระยะ 0 cm จากเครื่องเป่าลม เครื่องเป่าลมให้กำเนิดลมที่มีอัตราเร็ว 8.40 m/s ส่งลมไปหมุนกังหันลมในอัตราการหมุน 906.76 rpm เมื่อเลื่อนกรอบกั้นลมห่างออกไปจากเครื่องเป่าลม 4 cm วัดอัตราเร็วลมได้ 7.55 m/s และกังหันลมจะหมุนในอัตรารอบ 871.46 rpm โดยความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วลมกับอัตราการหมุนของกังหันลมที่วัดได้ทุกระยะ 4 cm ที่กรอบกั้นลมเคลื่อนออกไปจากเครื่องเป่าลมแสดงไว้ในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วลมกับอัตราการหมุนของกังหันลม

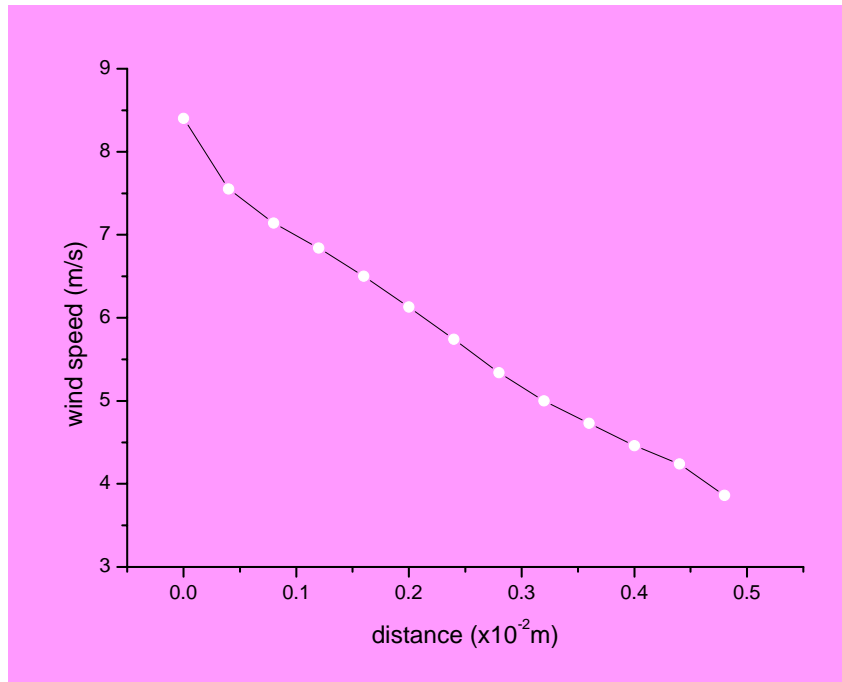
ระยะทาง (m)	อัตราการหมุนของกังหันลม (rpm)	อัตราเร็วลม (m/s)
0	906.76	8.40
0.04	871.46	7.55
0.08	855.58	7.14
0.12	822.38	6.84
0.16	796.96	6.50
0.20	758.38	6.13
0.24	721.36	5.74
0.28	684.16	5.34
0.32	654.32	5.00
0.36	632.44	4.73
0.40	595.42	4.46
0.44	571.24	4.24
0.48	548.94	3.86

เมื่อนำข้อมูลของตารางที่ 4.1 ไปวาดกราฟจะได้กราฟดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการหมุนของกังหันลมทุกระยะ 4 cm ที่กรอบกังหันลมเคลื่อนออกไปจากเครื่องเป่าลม

กราฟในรูปที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ว่า เมื่อระยะทาง (ระหว่างกรอบกังหันลมกับเครื่องเป่าลม) เพิ่มขึ้น อัตราการหมุนของกังหันลมจะมีค่าลดลง หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่า ระยะทาง (ระหว่างกรอบกังหันลมกับเครื่องเป่าลม) เป็นสัดส่วนผกผันกับอัตราการหมุนของกังหันลม



รูปที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วลมทุกระยะ 4 cm ที่กรอบกึ่งหันลม เคลื่อนออกไปจากเครื่องเป่าลม

กราฟในรูปที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ว่า เมื่อระยะทาง (ระหว่างกรอบกึ่งหันลมกับเครื่องเป่าลม) เพิ่มขึ้น อัตราเร็วลมจะมีค่าลดลง หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่า ระยะทาง (ระหว่างกรอบกึ่งหันลมกับเครื่องเป่าลม) เป็นสัดส่วนผกผันกับอัตราเร็วลม

การทดลองประกอบการวิจัยที่ 2 เมื่ออัตราเร็วลมมีค่าดังตารางที่ 4.2 วัดความต่างศักย์ไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า แล้วคำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้า และประสิทธิภาพ ได้ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วลม กระแสไฟฟ้า ความต่างศักย์ไฟฟ้า กำลังไฟฟ้าและประสิทธิภาพทุกระยะ 4 cm ที่รอบกังหันลมเคลื่อนออกไปจากเครื่องเป่าลม

ระยะทาง (m)	อัตราเร็ว ลม (m/s)	กระแสไฟฟ้า (mA)	ความต่าง ศักย์ไฟฟ้า (V)	กำลังไฟฟ้า (mW)	ประสิทธิภาพ e =
0	8.40	45.3	5.50	249.15	16.22
0.04	7.55	19.22	5.00	96.10	8.62
0.08	7.14	17.52	4.90	85.85	9.10
0.12	6.84	15.62	4.80	74.98	9.04
0.16	6.50	14.24	4.70	66.93	9.40
0.20	6.13	12.18	4.60	56.03	9.38
0.24	5.74	10.54	4.50	47.43	9.68
0.28	5.34	8.38	4.40	36.87	9.34
0.32	5.00	6.9	4.30	29.67	9.16
0.36	4.73	5.12	4.20	21.50	7.84
0.40	4.46	4.34	4.00	17.36	7.55
0.44	4.24	3.3	3.90	12.87	6.51
0.48	3.86	2.26	3.80	8.59	5.76

ข้อมูลใน 4 คอลัมน์แรกของตารางที่ 4.2 วัดได้โดยใช้อุปกรณ์ประกอบการวิจัย ส่วนกำลังไฟฟ้าในคอลัมน์ที่ 5 หาได้จากค่านิยามของกำลังไฟฟ้า และได้ค่าประสิทธิภาพในคอลัมน์ที่ 6 จากการคำนวณ

$$P = VI$$

ตัวอย่างเช่น กำลังไฟฟ้าและประสิทธิภาพของข้อมูลในแถวที่ 1 หาได้ ดังนี้

$$P = (5.50\text{ V})(45.3 \times 10^{-3}\text{ A}) = 249.15\text{ mW}$$

เราสามารถหาประสิทธิภาพของข้อมูลในแถวที่ 1 ของตารางที่ 4.2 ได้จากสมการ (2.8) ดังนี้

$$e = \frac{2(T + 273.15\text{K})V_{AC}I_{AC}}{(273.15\text{K})\rho_0 A v_{air}^3} \times 100 \%$$

อุณหภูมิของอากาศในวันที่ทำการทดลอง $T = 20^\circ \text{C}$

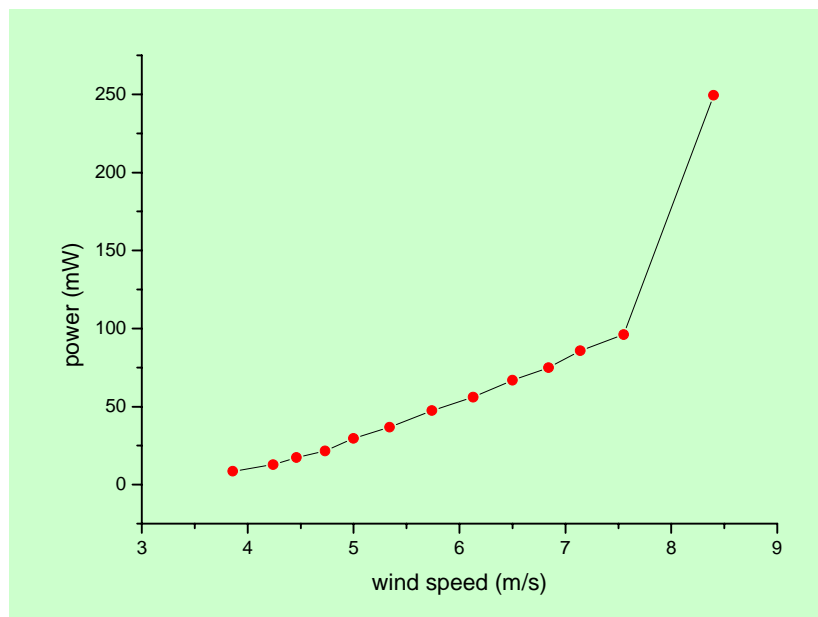
ใบพัดกังหันลมมีรัศมี $r = 3.7 \times 10^{-2} \text{m}$

ดังนั้น พื้นที่ของใบพัดกังหันลมมีค่าเท่ากับ $a = \pi r^2 = (22/7)(3.7 \times 10^{-2} \text{m})^2$

$$\therefore e = \frac{2(20 + 273.15\text{K})(5.5\text{V})(45.3 \times 10^{-3} \text{A})}{(273.15\text{K})(1.2923\text{kg/m}^3)\{(22/7) \times (3.7 \times 10^{-2} \text{m})^2\}(8.4 \text{m/s})^3} \times 100 \%$$

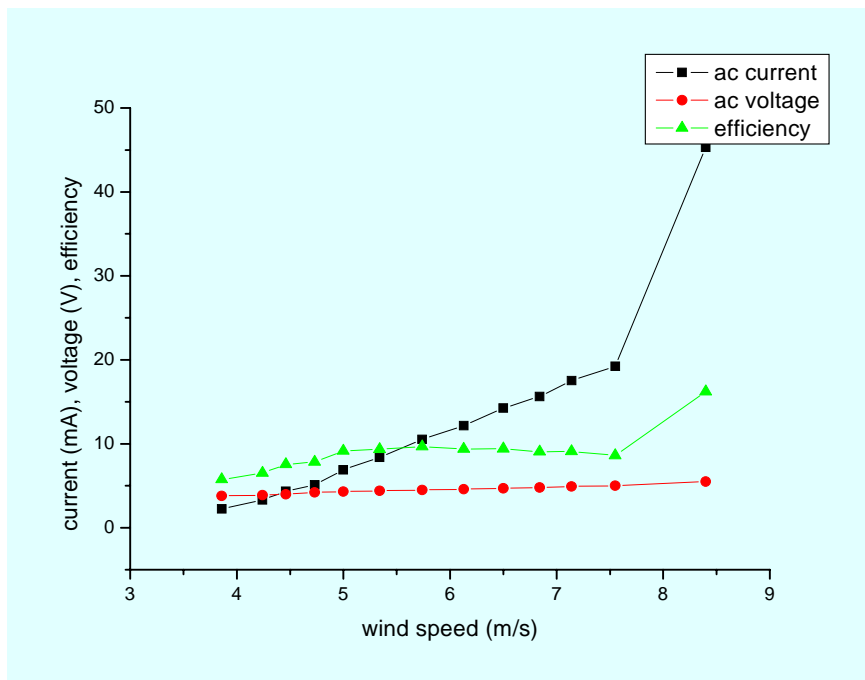
$$e = 16.22 \%$$

ในทำนองเดียวกัน เราสามารถหาค่ากำลังไฟฟ้าและประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าของกังหันลมในแถวถัดลงไปได้ แล้วนำค่าดังกล่าวใส่ลงไปในตารางที่ 4.2 ในคอลัมน์ที่ 5 และ 6 ตามลำดับ นำข้อมูลจากตารางที่ 4.2 ไปวาดกราฟ จะได้กราฟดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วลมกับกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้

นำอัตราเร็วลมและกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ไปวาดกราฟจะได้กราฟในรูปที่ 4.4 จากการตรวจพินิจ (inspection) พบว่า เมื่ออัตราเร็วลมเพิ่มขึ้นกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จะเพิ่มขึ้นเกือบเป็นเส้นตรง นั่นคือ กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้เป็นสัดส่วนโดยตรงกับอัตราเร็วลม แต่เมื่ออัตราเร็วลมมีค่าเป็น 7.55 และ 8.4 m/s กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จะเพิ่มขึ้นเป็น 96 และ 249 mW ตามลำดับ โดยความชันของกราฟในช่วงนี้จะเพิ่มขึ้นประมาณ 2 เท่าของกราฟเชิงเส้นตรงในช่วงแรกที่มีอัตราเร็วลมอยู่ระหว่าง 3.86 – 7.14 m/s



รูปที่ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วลมกับ กระแสไฟฟ้า ความต่างศักย์ไฟฟ้า และประสิทธิภาพของกังหันลม

นำอัตราเร็วลม กระแสไฟฟ้า ความต่างศักย์ไฟฟ้า และประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าของกังหันลมในตารางที่ 4.2 ไปวาดกราฟจะได้กราฟในรูปที่ 4.4 เมื่อตรวจพินิจกราฟพบว่า

1. กราฟระหว่างอัตราเร็วลมกับกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้มีลักษณะคล้ายกับกราฟในรูปที่ 4.3 ซึ่งตีความได้ในลักษณะเดียวกัน
2. กราฟอัตราเร็วลมกับความต่างศักย์มีความชัน (slope) ต่ำกว่าความชันของกราฟในข้อ 1
3. กังหันลมผลิตไฟฟ้ามีประสิทธิภาพเฉลี่ยประมาณ 9 %

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

แบบจำลองกังหันลมผลิตไฟฟ้าที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีประสิทธิภาพประมาณ 9 % ทำงานภายใต้อิทธิพลของลมจากเครื่องเป่าลม โดยลมที่ส่งมาถึงกังหันลมมีค่า 3.86 – 8.40 m/s กังหันลมหมุนสนามแม่เหล็กทรงกระบอกตัดขาดลวดซึ่งอยู่หนึ่ง เกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นในขดลวด 2.26 – 45.3 mA และเกิดความต่างศักย์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นในขดลวด 3.8 – 5.5 V โดยให้กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ในย่าน 8.6 – 250 mW สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้เป็นที่น่าพอใจ และนำพลังงานไฟฟ้าที่ได้รับไปใช้กับหลอด LED จำนวน 7 หลอด เพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทน และลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าได้ อีกทั้งยังเป็นการสนองตอบนโยบายของรัฐบาลในการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลง

งานวิจัยนี้เป็นเพียงกังหันลมต้นแบบและเป็นจุดเริ่มต้นของการนำกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาดจิ๋วมาใช้ในประเทศไทย และเป็นการกระตุ้นให้เกิดการพัฒนากังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาดจิ๋วที่เหมาะสมกับประเทศไทยให้แพร่หลายและนำมาใช้เป็นพลังงานที่ยั่งยืนต่อไปในอนาคต

5.2 ข้อเสนอแนะ

1.8.1 ควรวิจัยเพื่อการปรับปรุงเครื่องต้นแบบให้มีกำลังการผลิตและมีประสิทธิภาพสูงยิ่งขึ้น เป็นการเพิ่มพูนความรู้อันจะนำไปสู่งานวิจัยที่สูงยิ่งขึ้นก่อให้เกิดประโยชน์กับประเทศชาติ

1.8.2 ควรวิจัยเพื่อการส่งเสริมและกระตุ้นให้นักเรียนหารูปแบบการสร้างกังหันลมในการผลิตไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานทดแทนได้และสามารถนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ในครัวเรือน

1.8.3 ควรวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาระบบการจัดเก็บกระแสไฟฟ้าที่ได้รับจากกังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้าโดยแบตเตอรี่เพื่อการนำไปประยุกต์ใช้งาน