

บทความวิชาการ (Article)

การออกแบบกังหันลมแนวแกนตั้งสำหรับความเร็วลมต่ำในประเทศไทย

มนตรี เลื่องชวนนท์¹ และ กิจจา ศรีทองกุล²¹บัณฑิตวิทยาลัยสหวิทยาการระบบพลังงาน มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่²การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย เขื่อนรัชชประภา สุราษฎร์ธานี

บทคัดย่อ

พลังงานลมเป็นหนึ่งในพลังงานสะอาด ที่ไม่สร้างมลพิษต่อบรรยากาศของโลก และเป็นแหล่งพลังงานที่มีอยู่ทั่วไป และมีประสิทธิภาพมากขึ้นเมื่ออยู่ในพื้นที่ที่ติดชายทะเลเนื่องจากความต่อเนื่องของกระแสลม ประเทศไทยมีศักยภาพในการผลิตพลังงานลมระดับปานกลาง เพราะต้องอาศัยพลังงานลมที่มีความเร็วมากกว่า 3 m/s ซึ่งขึ้นอยู่กับพื้นที่และความสูงของการติดตั้งกังหัน ดังนั้น จึงมีแนวคิดการออกแบบและสร้างกังหันลมที่สามารถผลิตไฟฟ้าได้ที่ความเร็วลมต่ำในย่านความเร็ว 2 m/s เพื่อให้สามารถเก็บเกี่ยวพลังงานได้ตลอดเวลาและต่อเนื่อง การเลือกใช้กังหันลมแนวแกนตั้งโดยเลือกใช้ซาโวเนียส (Savonius) และ ดาร์เรียส (Darrieus) เพื่อเพิ่มศักยภาพการหมุนของใบ และสามารถลดความซับซ้อนของชุดกังหันได้มากเมื่อเทียบกับกังหันลมแบบแนวแกนนอน การออกแบบรวมชุดกังหันลมหลายตัวทำงานร่วมกันก็เป็นปัจจัยที่สามารถขยายแนวคิดการผลิตไฟฟ้าจากกังหันแบบเดิม ปัจจุบันระบบอินเวอร์เตอร์ grid tied inverter มีความก้าวหน้ามากสามารถทำงานร่วมกับระบบไฟฟ้าหลัก แบบต่อเนื่อง พร้อมระบบป้องกันไฟฟ้า และส่งข้อมูลการผลิตพลังงานผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต internet of thing (IOT) ทำให้การออกแบบกังหันลมแนวแกนตั้งมีความทันสมัย สามารถนำไปใช้งานได้จริง

คำสำคัญ: กังหันลมแนวแกนตั้ง, ความเร็วลมต่ำ, อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

Abstract

Wind energy is one of the green-power resources that can be environmentally friendly to the atmosphere of the world. The wind current is available on the surface of the earth and is highly efficient in areas of the shore due to continuous wind flow. For wind turbines, Thailand has efficient wind in the middle class at around 3 m/s depending on the area and the height of installation. Therefore, there is a conceptual idea and design for the fabrication of wind turbines that can be operated at low speed (approximately 2 m/s) for the continuous harvesting of wind power. A vertical wind turbine is the best choice, which was selected by Savonius and Darrieus for the blade system. The combination of these blades can increase efficiency and decrease complications when compared to a horizontal wind turbine.

Additionally, the combination of many small vertical wind turbines is a novel technology when compared to a traditional wind turbine. The grid-tied inverter is developed to be continuously operated with main electrical power and high safety, sending data to the internet system (IOT: Internet of things). This design for a vertical wind turbine is a novel system that can realistically be operated for producing electricity.

Keywords: Vertical wind turbine, low speed wind, Internet of things

พลังงานลม เป็นแหล่งพลังงานสะอาดหนึ่งที่น่าสนใจ เนื่องจากเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และเป็นพลังงานจากธรรมชาติโดยตรง มีหลายประเทศที่เร่งพัฒนาอย่างต่อเนื่องเพื่อเพิ่มกำลังการผลิต เช่น จีน และ อเมริกา สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานลมได้มากกว่าประเทศอื่นในโลก ประเทศไทยอยู่ในช่วงกำลังพัฒนา การใช้กังหันลมเพื่อใช้ผลิตกระแสไฟฟ้า ใน พ.ศ. 2555 ประเทศไทยสามารถผลิตกระแสไฟฟ้า 111.7 MW ด้วยพลังงานลม รัฐบาลไทยได้วางแผนการพัฒนา ใน พ.ศ. 2564 จะสามารถเพิ่มกำลังงานการผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานทางเลือก 25% ของพลังงานฟอสซิล โดยที่ได้จากพลังงานลม 1,800 MW [1] ประเทศไทยมีพื้นที่อยู่ในตำแหน่งที่อยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตร ความเร็วลมจึงอยู่ที่ความเร็วต่ำถึงปานกลางค่าเฉลี่ยประมาณ 3-5 m/s จากการศึกษาศักยภาพลมที่เริ่มต้นตั้งแต่ พ.ศ. 2518 โดยสำนักงานนโยบายและแผนพลังงานกระทรวงพลังงาน โดยสร้างแผนที่ความเร็วลม เพื่อให้เหมาะสมกับความติดตั้งกังหัน โดยได้มีการเก็บข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยและทิศทางลม อย่างไรก็ตามยังมีข้อจำกัดอีกหลายอย่าง ทั้งด้านการวิเคราะห์ และความสูงของเสา พ.ศ. 2544 ประเทศไทย ได้แผนที่ความเร็วลมที่มีศักยภาพเพิ่มมากขึ้น โดยมีข้อมูล ที่ความสูงต่างๆ และข้อมูลที่ละเอียดมากกว่าเดิม ทำให้รู้ว่าประเทศไทยมีพื้นที่เหมาะสมสำหรับกังหันลมไม่น้อยกว่า class 3 ความเร็วลมประมาณ 6.4-7.0 m/s หรือประมาณ 300-400 kW/m² ที่ความสูง 50 m [1]

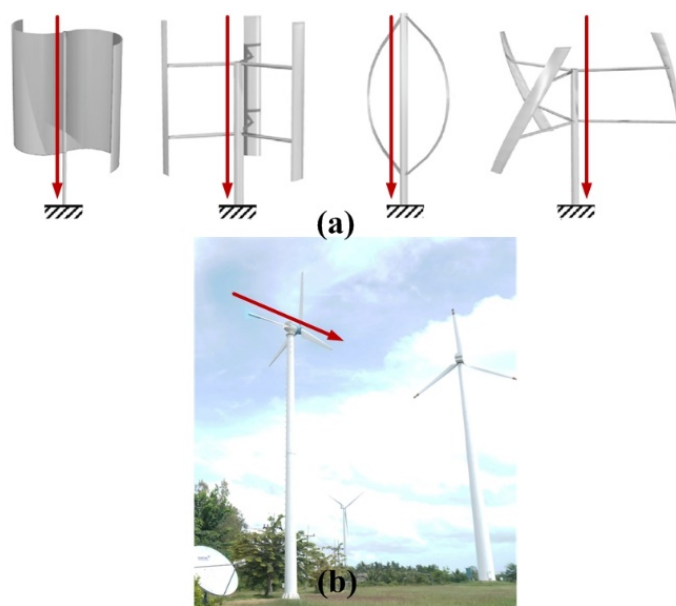
จากข้อมูลยังชี้ให้เห็นว่าบริเวณชายฝั่งอ่าวไทยมีศักยภาพลมที่ดีมาก โดยเฉพาะภาคใต้ตอนบน ในจังหวัดนครศรีธรรมราช และ สงขลา 4.4-8 m/s ที่ความสูง 50 m ในขณะเดียวกัน World Bank ได้ประเมินพลังงานลมในแต่ละประเทศในพื้นที่เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เช่น กัมพูชา ลาว ไทย และเวียดนาม [2] จากรายงานความสามารถกำลังลม ประเทศไทยเหมาะสมกับกังหันลมขนาดเล็กที่ความสูง 30 m ในขณะที่กังหันลมขนาดใหญ่ขึ้นอยู่กึ่งพื้นที่ที่มีความเร็วลมมาก และความสูงที่ 65 m ดังนั้นกังหันลมขนาดใหญ่มีศักยภาพเหมาะสมกับประเทศเวียดนามมากกว่าประเทศไทย ด้วยเหตุนี้ประเทศไทยจึงเหมาะสมกับกังหันลมความเร็วรอบต่ำถึงปานกลาง

พ.ศ. 2551 ประเทศไทย คิดตั้งอุปกรณ์วัดกำลังลมมาตรฐานบริเวณชายฝั่งภาคใต้ของประเทศ 8 จังหวัด ได้แก่ สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช สงขลา กระบี่ ตรัง สตูล โดยการใช้เซนเซอร์วัดทิศทางและความเร็วลมที่ความสูง 20 m, 30 m และ 40 m [1, 3] และเพิ่มขึ้นที่ความสูง 80 m, 90 m และ 100 m อย่างไรก็ตามจากรายงานชี้ให้เห็นได้ว่าศักยภาพลมจะอยู่ในรัศมีจากจุดวัดประมาณ 15 km และความเร็วลมอยู่ที่ 3.4-9.5 m/s ดังนั้น จากการประเมินด้วยระบบ very small power producers (VSPP) พบว่ากำลังการผลิตของฟาร์มกังหันลมขนาดเล็ก สำหรับการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (WTGs) ขนาด 1.0, 1.5 และ 2.0 MW ได้กำลังการผลิต 1,018 MW, 1,038 MW และ 1,148 MW ตามลำดับ [1]

ประเทศไทยต้องการกักเก็บลมความเร็วลมต่ำ ลดการซื้อหรือนำเข้าจากต่างประเทศ โดยทั่วไปใช้งานเป็นกังหันแบบแนวแกนนอน ด้วยกังหันลมแบบแนวแกนนอนที่ติดตั้งทั่วไปในประเทศไทย และในพื้นที่ชายทะเลมีราคาแพงมาก ต้องการการดูแลรักษาซ่อมบำรุงสูง เนื่องจากมีขนาดใหญ่ กลไกที่ซับซ้อน ต้องการความเร็วลมสูง ในขณะที่ กังหันลมแบบแนวตั้ง (vertical axis wind turbine) สามารถออกแบบให้ทำงานที่ความเร็วลมต่ำ มีความซับซ้อนน้อย โดยที่ออกแบบให้มีราคาถูกและง่ายต่อการผลิต ดังนั้น กังหันลมแนวแกนตั้ง สามารถพัฒนาเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าให้เหมาะสมกับความเร็วลมในประเทศไทย

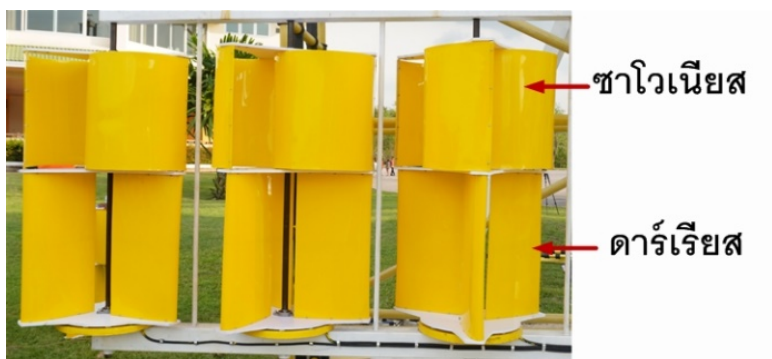
ความแตกต่างระหว่างกังหันแนวแกนตั้งและแนวแกนนอน

ปัจจุบันกังหันลมสำหรับการผลิตพลังงานมีการแบ่งออกได้หลายรูปแบบ แต่โดยหลักการแบ่งที่ง่ายที่สุดคือ แบบแนวแกนตั้ง (vertical axis wind turbine) และแนวแกนนอน (horizontal axis wind turbine) โดยมีลักษณะการสังเกตคือ แนวแกนการหมุนของกังหันเมื่อแกนหมุนตั้งฉากกับพื้นโลก จัดเป็นกังหันลมแนวแกนตั้ง ในทางกลับกัน ถ้าแกนกังหันลมขนานไปกับพื้นโลก [4] จัดเป็นกังหันลมแนวแกนนอน แสดงดังภาพที่ 1 กังหันลมที่เห็นกันทั่วไปเป็นแบบกังหันลมแนวแกนนอน เป็นระบบใบพัด 3 ใบ รับกระแสลมปะทะโดยตรงกับใบได้ 100% (ทำให้ระบบนี้ ต้องมีระบบ cut-off เพื่อหยุดการหมุนของระบบกังหันเพื่อป้องกันการเสียหาย) เชื่อมต่อโดยตรงกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า หรือผ่านระบบเกียร์เพื่อทดรอบ การหมุน เพื่อแรงบิดให้กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ระบบแบบนี้ ยังต้องมีหางเสือ บังคับการหมุนของชุดกังหัน เพื่อหมุนรับกระแสลมทุกทิศที่พัดเข้ามา ในขณะที่เดียวกันก็ต้องมีแบร์ริงรองรับการหมุนของชุดกังหันทั้งระบบ อย่างไรก็ตาม เมื่อกังหันลมแนวแกนนอน มีกำลังการผลิตที่สูงมากขึ้นขนาด 1 MW ขึ้นไป ระบบหางเสือหายไป เนื่องจากระบบที่มีขนาดใหญ่มาก การหมุนรับลมด้วยกำลังของกระแสลมให้ประสิทธิภาพที่ไม่ดี และการเริ่มหมุน (cut-in) ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดใหญ่จะยากมากขึ้น [5] ดังนั้น กังหันลมแนวแกนนอนขนาดใหญ่ ต้องหมุนด้วย มอเตอร์ในสภาวะเริ่มต้น ด้วยการรับสัญญาณเริ่มต้นจากเซนเซอร์ความเร็ว และทิศทางของลม ระบบดังกล่าว เป็นระบบขนาดใหญ่ ติดตั้งในประเทศไทย เช่น บริเวณ อำเภอรอนดง จังหวัดสงขลา อำเภอหัวไทร จังหวัดนครศรีธรรมราช ภาคใต้ของประเทศไทย



รูปที่ 1 เปรียบเทียบใบกังหันลมแนวแกนตั้ง (a) และแนวแกนนอน (b) [6]

กังหันลมแนวแกนตั้ง เป็น โครงสร้างที่หมุนตั้งฉากกับพื้น โลก เมื่อลมพัดปะทะใบก็จะหมุน รับกระแสลมได้ทุกทิศทาง แต่ กระแสลมที่ปะทะกับใบแค่ 50% เท่านั้น ทำให้มีประสิทธิภาพต่ำกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับกังหันลมแนวแกนนอน แต่ด้วยไม่ต้องมีทางเสื่อ หมุนรับทิศทางของลม ทำให้กังหันลมแนวแกนตั้งมีระบบการทำงานที่มีซับซ้อนต่ำ กังหันลมแนวแกนตั้งมีการแบ่งตามลักษณะทาง กายภาพออกเป็น 2 ชนิด คือ ซาโวนีอุส (Savonius) และ ดาร์เรีอุส (Darrieus) [6] ใบแบบซาโวนีอุส มีโครงสร้างกายภาพประกอบด้วย ครึ่งวงกลมจำนวน 2 หรือ 3 ชุด ล้อมรอบเพลากลาง มีข้อดีคือ เริ่มการหมุนที่รวดเร็ว แต่ให้แรงบิด (torque) ที่ต่ำ ดังนั้น ใบแบบ ซาโวนีอุส นิยมนำไปใช้ กับใบพัดของเครื่องวัดความเร็วลม (weather station) ในขณะเดียวกันใบแบบ ดาร์เรีอุส มีโครงสร้างทางกายภาพ เป็นแผ่นใบ (แผ่นใบ อาจเป็นแบบ ปีกเครื่องบิน หรือ เอียงโค้ง) ติดตั้งล้อมรอบ เพลากลาง ประกอบเป็นกรงกระรอก ข้อดีของระบบ ใบแบบนี้คือ ให้แรงบิดที่สูง แต่มีข้อเสียคือ การเริ่มหมุนของใบช้า เนื่องจากพื้นที่รับลมที่น้อยกว่า ดังนั้น ในการออกแบบใบกังหัน แนวตั้ง จึงมีแนวแกนคิดการรวมใบทั้งสองรูปแบบ ซาโวนีอุส และ ดาร์เรีอุส ทำงานรับลมในชุดเดียวกัน เพื่อดึงเอาศักยภาพของใบทั้ง 2 แบบมาใช้งานให้เริ่มหมุนได้เร็วและมีแรงบิดที่สูง ดังภาพที่ 2



รูปที่ 2 การออกแบบใบกังหันแนวแกนตั้งโดยการรวมกันของใบกังหันแบบ ซาโวเนียสและดาร์เรียม

เสากังหันลมแบบแนวแกนตั้ง

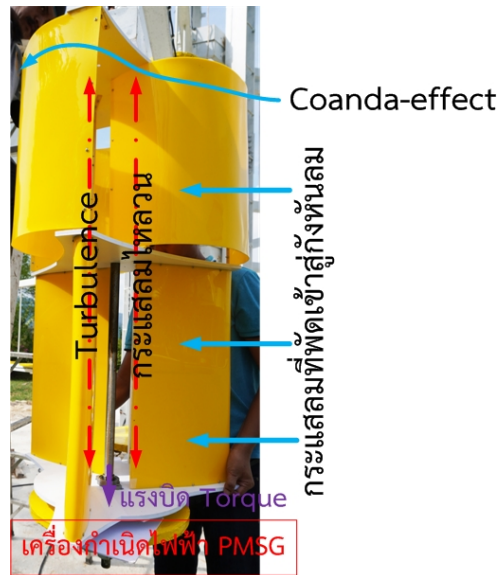
กังหันลมแนวแกนนอน เป็นกังหันลมแบบ 3 ใบที่พบเห็นทั่วไป ในประเทศไทย ซึ่งมีขนาดใหญ่และสูง มีราคาแพงมาก และการบำรุงรักษาต้องมีอุปกรณ์มากมาย เช่น รถเครน รถบรรทุก เครื่องมือช่าง บุคลากรที่ต้องมากกว่า 2 คนขึ้นไป เป็นต้น ดังนั้น ในการออกแบบกังหันลมแนวแกนตั้งจึงควรออกแบบให้สามารถแก้ปัญหาข้างต้น โดยมีแนวคิดที่จะทำให้กังหันลมแนวแกนตั้งขนาดเล็กขนาด 320 W ทำงานร่วมกัน ตัวอย่าง เช่น ต้องการกังหันลมขนาด 10 kW จะต้องใช้กังหันลมจำนวน 32 ตัว ($320 \text{ W} \times 32 = 10,240 \text{ W} \approx 10 \text{ kW}$) ติดตั้งใน 1 ต้นกังหันลม ประกอบด้วยแกนจำนวน 4 ชั้น รองรับชุดกังหันลม ในแต่ละชั้นสามารถควบคุมการขึ้นลงได้โดยการติดตั้งรอกไฟฟ้า เพื่อให้สามารถซ่อมบำรุงได้ง่าย ราคาที่ถูกลง ใช้จำนวนคนในการบำรุงรักษาเพียงแค่ 1-2 คนเท่านั้น เช่น กังหันลมแนวแกนตั้ง โครงสร้างแบบดัดไม้ขนาด 10 kW ติดตั้งที่ เขื่อนรัชชประภา จังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยที่ออกแบบเป็นลักษณะของกระโดงเรือสูง 13 เมตร ตัวเสาเป็นแท่งเหล็ก (H-beam) ประกอบเป็นแกนเสา 3 เสา ประกอบเป็นแท่งมีพื้นที่ว่างตรงกลาง บรรจุโครงเหล็กหกเหลี่ยมขนาดเล็กมีล้อเคลื่อนที่ภายในร่องของแท่งเหล็ก H-beam ดังนั้น แกนที่รองรับชุดกังหันลม จำนวน 32 ชุด สามารถปรับเคลื่อนที่ขึ้นลงได้แสดงดังภาพที่ 3 รองรับการซ่อมบำรุงรักษาที่ไม่ต้องพึ่งพาเครน ทำให้ลดต้นทุนส่วนนี้ได้ 7,000 บาทต่อครั้ง



รูปที่ 3 การออกแบบเสากังหันลมแนวแกนตั้ง โดยให้แขนที่รองรับชุดกังหันลมสามารถเคลื่อนขึ้นลงได้ทั้ง 4 ชั้น

คุณสมบัติใบกังหันลมและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

เป้าหมายของการออกแบบกังหันลมแนวแกนตั้ง โดยการรวมชุดกังหันลมหลายๆ ชุดเข้าด้วยกัน คือต้องการให้ทำงานที่ความเร็วลมต่ำ ที่ประมาณ 2 m/s จึงต้องมุ่งแก้ปัญหาที่ 1) การออกแบบใบและเลือกวัสดุใบ 2) การออกแบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ในส่วนแรกคือ การออกแบบใบและการเลือกวัสดุใบ กล่าวคือ การออกแบบใบเลือกใช้ทั้ง แบบซาโวนีเยสและคาร์เรียส ดังภาพที่ 2 เพื่อที่จะได้ข้อดีจากซาโวนีเยส คือการออกตัวหมุนที่รวดเร็ว ข้อดีจากคาร์เรียส ที่ให้แรงบิดสูง (high torque) [6] โดยที่ต้องวางซาโวนีเยสไว้ด้านบน และคาร์เรียสอยู่ด้านล่าง เป็นรูปแบบที่ดีที่สุดเนื่องจากสามารถลดกระแสไหลวน (turbulence) ในตำแหน่งตรงกลางของใบกังหันลม เมื่อรับกระแสลมที่แรงมากกว่า 2 m/s [7] เนื่องจากกระแสไหลวนภายในของใบ สามารถลดแรงบิดของใบกังหันแม้ว่าจะมีกระแสลมพัดแรงขึ้นก็ตาม นอกจากนี้ ยังสามารถทำให้เกิดปรากฏการณ์กระแสลมไหลอ้อมผ่านส่วนโค้งของใบ (Coanda-effect) ลดกระแสลมไหลวนในส่วนกลาง [8] และเพิ่มแรงบิดมากขึ้น ในขณะที่เดียวกันน้ำหนักของใบก็มีผลต่อการออกแบบกังหันลมที่ความเร็วลมต่ำ เนื่องจากการหมุนของกังหันต้องอาศัยกระแสลมสร้างแรงยกด้วยหลักการอากาศพลศาสตร์ ตามลักษณะกายภาพของใบ ก่อให้เกิดแรงบิด แต่ถ้าน้ำหนักของใบมาก ก็จะเป็นภาระหลักในการหมุนเพื่อไปขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ด้วยเหตุนี้ การลดน้ำหนักของใบจึงมีผลต่อการออกแบบกังหันที่ความเร็วลมต่ำ อย่างไรก็ตาม การออกแบบด้วยวัสดุที่เบาอาจจะทำให้ขาดความแข็งแรง ในการออกแบบนี้ เป็นอะคริลิก (น้ำหนักโดยรวม 7 kg) เนื่องจากราคาถูกขึ้นรูปง่าย สร้างความสมดุลระหว่างใบได้ดี และมีความแข็งแรงสามารถใช้งานในเวลา 4-6 ปี



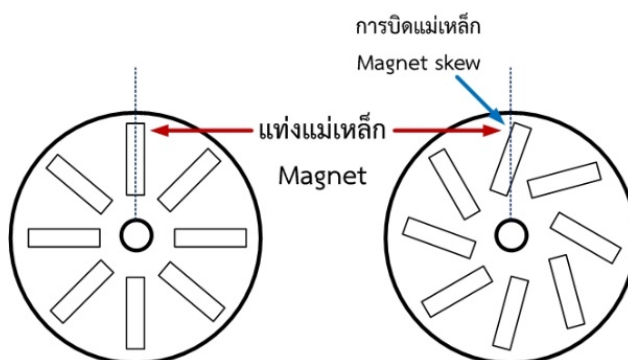
รูปที่ 4 การเชื่อมต่อชุดกังหันลมแนวแกนตั้งและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า PMSG

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าก็เป็นส่วนสำคัญในการออกแบบเพื่อให้สามารถใช้งานกับความเร็วลมต่ำเลือกใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสแม่เหล็กถาวรแบบจางาน PMSG: permanence magnet synchronous generator ด้วยเหตุผลคือมีความซับซ้อนน้อย ซ่อมบำรุงได้ง่าย สิ่งสำคัญคือจะต้องลดแรงดึงเส้นแรงแม่เหล็กเริ่มต้น starting torque ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยการใช้เทคนิคการบิดร่อนแม่เหล็ก magnet skew โดยมีหลักการคือ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าประกอบด้วยโรเตอร์ (rotor) มีแท่งแม่เหล็กหลาย ๆ แท่ง ถ้าไม่บิดร่อนแม่เหล็ก เส้นแรงแม่เหล็ก (flux) จะสามารถเหนี่ยวนำกับขดลวดได้โดยตรง ไปยังส่วนที่เป็นสเตเตอร์ (stator) ประกอบด้วยขดลวด (coils) ทำให้ขดลวดเกิดกระแสไฟฟ้าตามหลักการของฟาราเดย์ ตามสมการที่ (1) เมื่อ ε คือ แรงเคลื่อนไฟฟ้ามีหน่วยเป็นโวลต์ และ d_b คือเส้นแรงแม่เหล็กวิ่งผ่านพื้นที่หนึ่ง (A) ถ้าสมมุติว่าพื้นที่ A วางอยู่ในสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอ B เส้นแรงแม่เหล็กที่วิ่งผ่านพื้นที่ A มีค่าเท่ากับ $AB\cos\varphi$ โดยที่ φ มุมระหว่างเวกเตอร์พื้นที่ A กับสนามแม่เหล็ก ดังสมการที่ (2) ดังนั้น การบิดร่อนแม่เหล็ก คือการเปลี่ยนขนาดพื้นที่ A ของเส้นแรงแม่เหล็ก ที่วิ่งผ่านช่องว่างอากาศ ϕ_g ให้มีขนาดน้อยลงเมื่อหมุนตัดกันระหว่างโรเตอร์และสเตเตอร์ ตามสมการที่ (3) [9] ทำให้ลด T_{cog} แรงดึงเส้นแรงแม่เหล็กขณะเริ่มหมุนได้อย่างเหมาะสม กำหนดให้ R คือความต้านทานของเส้นแรงแม่เหล็ก และ θ คือมุมตำแหน่งของโรเตอร์ [9] อย่างไรก็ตาม หลังจากที่ออกแบบใบกังหันและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแล้ว ควรทดสอบด้วยอุโมงค์ลมแบบเต็มระบบ พร้อมการเชื่อมต่อโหลดไฟฟ้า เพื่อทดสอบแรงลมสามารถหมุนได้ที่ 2 m/s

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

$$\varepsilon = -\frac{dB A \cos \varphi}{dt} \quad (2)$$

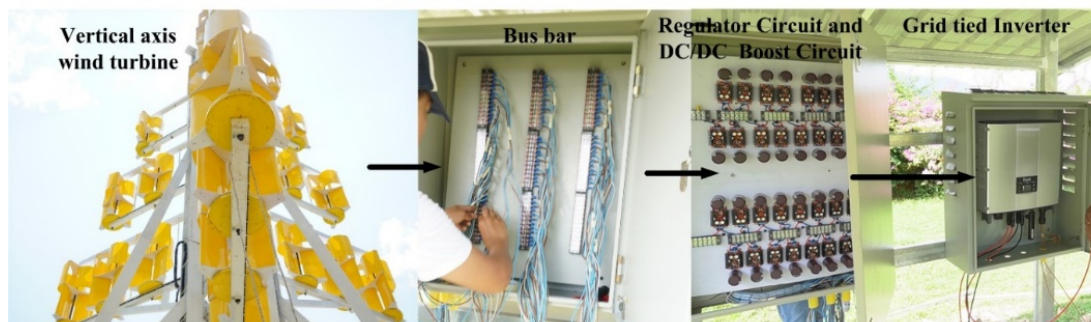
$$T_{cog} = -\frac{1}{2} \Phi_g^2 \frac{dR}{d\theta} \quad (3)$$



รูปที่ 5 รูปแบบการบิดแม่เหล็ก Magnet Skew เพื่อลดแรงบิดเริ่มต้น

ระบบเครือข่ายการจัดการพลังงานไฟฟ้า

หลังจากที่กังหันลมจำนวน 32 ชุด ทำงานร่วมกัน เมื่อลมพัดเข้าปะทะกังหันลมทำให้เกิดการหมุนของชุดกังหันแต่ละตัว ส่งกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จ่ายเข้าระบบเครือข่ายการจัดการพลังงานไฟฟ้า (grid system) เครื่องกำเนิดไฟฟ้าของกังหันลมเป็นระบบ 3 เฟส ระบบกระแสสลับ (AC) เชื่อมต่อกับระบบบัสบาร์ (bus bar) ส่งเข้าระบบเรกิวเลเตอร์ (regulator circuit) เพื่อแปลงไฟฟ้ากระแสสลับ AC เป็นกระแสตรง DC แรงดันไฟฟ้าที่ความเร็วลม 2 m/s ผลิตได้กระแสไฟฟ้ากระแสตรง 9.8 V ต่อหนึ่งชุดกังหัน แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงปรับแรงดันไฟฟ้าเป็น 32 V ด้วยวงจรทวีแรงดัน DC/DC boost circuit เนื่องจากกังหันลมแต่ละชุดหมุนด้วยรอบที่แตกต่างกัน ดังนั้นแรงดันไฟฟ้าที่ผลิตได้ก็แตกต่างกัน กังหันลมที่ผลิตไฟฟ้าตั้งแต่ 9.8-32 V วงจรทวีแรงดันปรับแรงดันเป็น 32 V ทุกชุดของกังหันลม ด้วยเหตุนี้ แรงดันไฟฟ้าที่ถูกเปลี่ยนเป็นกระแสตรง รวมกันอีกครั้ง จ่ายเข้าอินเวอร์เตอร์ (grid tied inverter) เพื่อจ่ายไฟฟ้าที่ผลิตได้ให้กับบ้านเรือน หรือซาร์จเข้าแบตเตอรี่ แสดงดังภาพที่ 6 อินเวอร์เตอร์ ชนิดที่นำมาใช้งาน สามารถจ่ายไฟาร่วมกับไฟฟ้าจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) และเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต IOT (internet of thing) เพื่อส่งผลการผลิตกระแสไฟฟ้าผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตและโทรศัพท์มือถือ



รูปที่ 6 ระบบเครือข่ายการจัดการพลังงานไฟฟ้า (grid system)

อย่างไรก็ตาม ระบบการจัดการไฟฟ้าที่กล่าวมาข้างต้นมีข้อจำกัด กล่าวคือ การทำงานของระบบแปลงไฟฟ้าจากกระแสตรงเป็นกระแสสลับ เพื่อเชื่อมต่อไปใช้งานกับบ้านเรือน ใช้เวลาในการเริ่มทำงาน (standby mode) ประมาณ 1.40 นาติ เป็นอย่างน้อย ดังนั้น เมื่อใดก็ตามที่กระแสลมพัดใช้เวลาต่ำกว่า 1.40 นาติ จะไม่มีไฟฟ้าจ่ายเข้าระบบเลย ด้วยเหตุนี้ กังหันลมต้องการกระแสลมที่ต่อเนื่อง เช่น พื้นที่ชายทะเลจึงเป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพสูงในการติดตั้ง ปัญหานี้ มีวิธีการแก้ไข คือ 1) การใช้แบตเตอรี่ชาร์จเก็บพลังงานไฟฟ้าจากกังหันลมก่อน แล้วจึงจ่ายให้กับ อินเวอร์เตอร์ 2) ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ (solar cell) จ่ายไฟฟ้าเข้าอินเวอร์เตอร์เปิดระบบการทำงาน ทำให้พลังงานลมผลิตได้ช่วงไหนก็สามารถจ่ายเข้าอินเวอร์เตอร์ได้เลย ทำให้พลังงานทั้งลมและแสงรวมกัน แต่การแก้ปัญหาแบบนี้ ใช้ได้เฉพาะช่วงกลางวันเท่านั้น

บทสรุป

กังหันลมแนวแกนตั้งเป็นรูปแบบที่ลดความซับซ้อน ประสิทธิภาพอาจจะต่ำกว่าแบบแนวแกนนอน แต่สามารถแก้ไขได้ด้วยการเลือกใช้แบบผสมผสานระหว่างใบแบบ ซาโวนีเยและคาร์เรียร์ร่วมกันเพื่อให้สามารถเริ่มหมุนได้เร็วและมีแรงบิดสูง วัสดุที่เลือกใช้ควรเป็นวัสดุที่มีน้ำหนักเบาเพื่อผลิตแรงบิดจากกระแสลม สามารถส่งกำลังงานไปสู่เครื่องกำเนิดไฟฟ้า PMSG ให้ได้มากที่สุด ไม่ต้องสูญเสียแรงบิดไปกับน้ำหนักของใบกังหันเนื่องจากน้ำหนักแรงดึงดูดโลก อย่างไรก็ตาม น้ำหนักที่เบาของใบและการออกแบบเพื่อสร้างแรงบิดที่สูง ก็ยังไม่เพียงพอ ต้องพัฒนาเครื่องกำเนิดไฟฟ้า PMSG ร่วมด้วย โดยการลดแรงดึงเส้นแรงแม่เหล็กเริ่มต้น โดยการใช้เทคนิคการบิดร่องแม่เหล็ก โดยทั่วไปการม้วนบิดร่องแม่เหล็ก อยู่ในช่วง 10-30 องศา ขึ้นอยู่กับ จำนวนขั้วแม่เหล็ก จำนวนขดลวด ขนาดของขดลวด จำนวนรอบในการพันขดลวด ความแรงของเส้นแรงแม่เหล็ก ระยะความห่างระหว่างโรเตอร์และสเตเตอร์ เป็นต้น เนื่องจากการออกแบบกังหันลมแนวแกนตั้ง และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า PMSG ประกอบในกังหันลมแต่ละตัวผลิตไฟฟ้าได้ 320 W รวมพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จำนวน 32 ตัว โดยการใช้ระบบอินเวอร์เตอร์จ่ายไฟฟ้าให้กับบ้านเรือน ซึ่งได้ออกแบบให้ทำงานร่วมกับแผงพลังงานแสงอาทิตย์ นอกจากนี้ ระบบของอินเวอร์เตอร์สามารถส่งข้อมูลการผลิตพลังงานเข้าสู่เครือข่ายอินเทอร์เน็ตและระบบโทรศัพท์มือถือเสากังหันลมเป็นระบบที่สามารถปรับเคลื่อนขึ้นลงได้ด้วยระบบรอกไฟฟ้า ทำให้ลดการใช้รถเครน สามารถลดค่าใช้จ่ายประมาณ 7,000 บาทต่อการซ่อมบำรุงแต่ละครั้ง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) เชื้อนรัชชประภา จังหวัดสุราษฎร์ธานี ผู้สนับสนุนทุนการวิจัย
Electricity Generating Authority of Thailand: EGAT (61-F405000-11-IO.SS03F3008347)

เอกสารอ้างอิง

- [1] S. Chingulpitak and S. Wongwises, “Critical review of the current status of wind energy in Thailand”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 31, 312-318 (2014).
- [2] M. Leiserson, D. Lindauer, O. A. Meesook and P. Suebsaeng, “The World Bank Asia Alternative Energy Program (ASTAE): Status report”, 2004
- [3] W. Werapun, Y. Tirawanichakul, W. Kongnakorn and J. Waewsak, “An assessment of offshore wind energy potential on Phangan Island by in Southern Thailand”, Energy Procedia, 52, 287-295 (2014).
- [4] B. Govind, “Increasing the operational capability of a horizontal axis wind turbine by its integration with a vertical axis wind turbine”, Applied Energy, 199, 479-494 (2017).
- [5] X. Wu, Y. Hu, Y. Li, J. Yang, L. Duan, T. Wang, T. Adcock, Z. Jiang, Z. Gao, Z. Lin, A. Borthwick and S. Liao, “Foundations of offshore wind turbines: A review”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 104, 379-393 (2019).
- [6] J. Liu, H. Lin and J. Zhang, “Review on the technical perspectives and commercial viability of vertical axis wind turbines”, Ocean Engineering, 182, 608-626 (2019).
- [7] 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).
- [8] A. Garzozzi and D. Greenblatt, “A pulsed Coandă-effect reciprocating wind energy generator”, Energy, 150, 965-978 (2018).
- [9] L. Dosiek and P. Pillay, “Cogging torque reduction in permanent magnet machines”, IEEE Transactions on Industry Applications, 43, 1565-1571 (2007).