

การพัฒนากังหันลมแนวตั้งขนาดกะทัดรัด: การศึกษาความเป็นไปได้เพื่อประยุกต์ใช้
กังหันลมแบบใบบิดวนกับคอยล์ร้อนเครื่องปรับอากาศ

**The Development of Compact Vertical Axis Wind Turbine: The Feasibility Study for
Applying the twisted blade VAWT with an Air Conditioner's Condensing Unit**

พงษ์พันธุ์ ฤกษ์ชุมทรัพย์^{1,*} ปฏิภาณ อรามวานิชย์² และ ภาณุรุจ ยะเรื่อน²

¹สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตขั้นสูง ²สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน

*E-mail : pongpun@pit.ac.th, rerkkumsup@hotmail.com

Pongpun Rerkkumsup^{1,*}, Patiparn Aramwanid² and Panurut Yaruan²

¹Department of Advanced Manufacturing Technology ²Department of Mechatronics Engineering

Faculty of Engineering, Pathumwan Institute of Technology

*E-mail : pongpun@pit.ac.th, rerkkumsup@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้กล่าวถึงการศึกษาความเป็นไปได้ของการประยุกต์ใช้กังหันลมชาโวเนียสแบบใบบิดวนเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าโดยมีคอยล์ร้อนของเครื่องปรับอากาศเป็นแหล่งพลังงานลม กังหันลมแนวตั้งขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 70 เซนติเมตร ความสูง 70 เซนติเมตร ถูกจำลองเพื่อศึกษาความเร็วลมที่เข้าปะทะใบกังหันใน SolidWorks® Flow Simulation ผลการจำลองแสดงให้เห็นว่าความเร็วลมของคอยล์ร้อนมีความเหมาะสมกับการทำงานของกังหันลม กังหันลมจำนวน 2 ตัวซึ่งผลิตจากวัสดุหาง่ายในประเทศถูกสร้างขึ้นเพื่อศึกษาการผลิตพลังงานไฟฟ้า ผลการทดสอบความเร็วลม ณ ระยะห่างที่ปรับเลื่อนได้ระหว่างกังหันลมกับคอยล์ร้อน และระยะแนวขวางของช่องจ่ายลมกับกังหันลมที่ระยะต่างๆ แสดงให้เห็นว่าระยะห่างระหว่างกังหันกับคอยล์ร้อนเป็นปัจจัยสำคัญต่อความเร็วลมมากกว่าระยะแนวขวางอย่างมีนัยสำคัญ กังหันลมตัวที่ 2 ซึ่งถูกลดน้ำหนักลงจากกังหันลมต้นแบบตัวแรกได้ถึงร้อยละ 66.4 สามารถผลิตแรงดันไฟฟ้าได้สูงสุด 16.2 โวลท์ ณ ความเร็วลม 5.9 เมตรต่อวินาที ซึ่งสูงกว่ากังหันลมต้นแบบประมาณ 4 เท่าตัว ผลการศึกษาความเป็นไปได้แสดงให้เห็นว่ากังหันลมชาโวเนียสแบบใบบิดวนสามารถใช้งานร่วมกับคอยล์ร้อนเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ในระดับน่าพอใจ

คำสำคัญ: กังหันลมแนวตั้งขนาดกะทัดรัด, ใบบิดวน, SolidWorks® Flow Simulation, คอยล์ร้อน

Abstract

This research describes the feasibility study for applying the twisted blade savonius wind turbine to generate electrical energy using a condensing unit of air conditioner as wind energy source. The vertical axis wind turbine with diameter of 70 centimeters and height of 70 centimeters is simulated in SolidWorks® Flow Simulation to study the wind speed that impacted to modeled wind turbine. The simulation results show that wind speed from condensing unit is suitable for the operation of VAWT. Two VAWTs are constructed using in-house and easy to find materials for studying electrical energy generation. The experimental testing results of wind speed at different adjustable distances between VAWT and condensing unit, and transverse distances between air outlet and VAWT show that the distance between VAWT and condensing unit is the important factor for wind speed significantly more than the transverse distance. The second VAWT, that is weight reduced by 66.4% from the first prototype, can generate the maximum electrical voltage of 16.2 V at wind speed of 5.9 m/s, in which approximately 4 times higher than generated by the first prototype VAWT. The results of feasibility studied illustrate that the twisted blade savonius wind turbine can be used with a condensing unit to generate electrical energy in satisfied level.

Keywords: Compact VAWT, Twisted blade, SolidWorks® Flow Simulation, Condensing unit

1. บทนำ

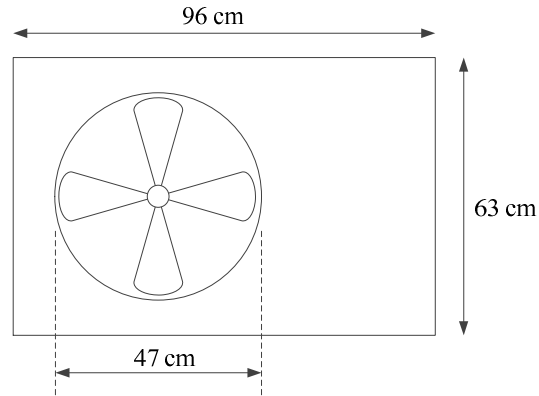
วิกฤตการณ์พลังงานในประเทศ [1] ทำให้หลายภาคส่วนทุ่มเทกับการพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อใช้พลังงานทดแทนให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด พลังงานลมเป็นหนึ่งในพลังงานหมุนเวียนที่ได้รับความสนใจและเกิดการพัฒนาย่างต่อเนื่องและติดตั้งเพื่อใช้งานในหลายพื้นที่ [2] อย่างไรก็ตาม ลมมีลักษณะเฉพาะตามแต่ภูมิภาคและภูมิอากาศของแต่ละพื้นที่ [3] – [4] การศึกษาและสำรวจศักยภาพพลังงานลมในประเทศไทยตามภูมิภาคต่างๆ พบว่าพลังงานลมธรรมชาติในแต่ละพื้นที่ส่วนมากมีความเร็วลมเฉลี่ยที่ไม่เพียงพอต่อการติดตั้งกังหันลมแบบแกนหมุนแนวนอน (Horizontal-Axis Wind Turbine, HAWT) ซึ่งต้องใช้ความเร็วลมเริ่มหมุนที่ 5 เมตรต่อวินาทีขึ้นไป [5] สถิติพลังงานลมจากสถานีวิจัยพลังงานลมในอำเภอที่อยู่ติดชายฝั่งอ่าวไทยในจังหวัดสุราษฎร์ธานี จังหวัดนครศรีธรรมราช และจังหวัดสงขลา รวม 14 สถานี พบว่าอัตราความเร็วลมเฉลี่ย ของทั้ง 14 สถานีนั้น อยู่ในช่วง 2.6-4.6 m/s และจังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน ได้แก่ ขอนแก่น มุกดาหาร กาฬสินธุ์ และหนองคาย [6] สามารถวัดความเร็วเฉลี่ยได้ตลอดทั้งปี 4.50, 4.39, 3.65, 3.58 m/s ที่ความสูง 90 เมตร ตามลำดับ และ 4.00, 3.86, 3.19, 2.91 m/s ที่ความสูง 60 เมตร ตามลำดับ ซึ่งถือว่าน้อยมากสำหรับใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วย HAWT แม้กังหันลมแนวแกนตั้ง (Vertical-Axis Wind Turbine, VAWT) แบบซาโวเนียส (Savonius) จะมีสัมประสิทธิ์การแปลงพลังงาน (Power Coefficient) ต่ำ แต่เนื่องจากมีโครงสร้างง่ายต่อการผลิตและบำรุงรักษา

และสามารถประยุกต์ใช้ได้กับพื้นที่ที่มีความเร็วลมจำกัดในระดับ 3 เมตรต่อวินาที จึงทำให้นักวิจัยหลายกลุ่มศึกษาและพัฒนาศักยภาพให้เพิ่มมากขึ้น [7],[8] อุปกรณ์ในระบบผลิตไฟฟ้าด้วยกังหันลมที่สร้างขึ้นสำหรับเงื่อนไขการใช้งานหนึ่งเกิดการใช้งานได้ไม่คุ้มค่าเมื่อนำไปใช้งานในเงื่อนไขที่ต่างไป [9] โดยเฉพาะอุปกรณ์จากต่างประเทศที่นำมาประยุกต์ใช้ในประเทศไทย การออกแบบและพัฒนากังหันลมเชิงพาณิชย์ให้เหมาะสมกับการใช้งานในสภาพแวดล้อมที่หลากหลายจึงสำคัญ การจำลองด้วยซอฟต์แวร์สำหรับแก้ปัญหาการคำนวณไดนามิกของไหล (Computational Fluid Dynamic) เช่น ANSYS® FLUENT [10] ช่วยให้การวิเคราะห์เพื่อออกแบบและพัฒนากังหันลมมีประสิทธิภาพมากขึ้น นำไปสู่การผลิตที่มีศักยภาพตามที่คาดหวังเพื่อสัมฤทธิ์ผลการผลิตพลังงานสูงสุด [11] – [13] ด้วยข้อดีของ VAWT [14] ที่สามารถรับลมจากทุกทิศทางโดยไม่ต้องใช้กลไกปรับระนาบใบพัดเข้าหาทิศทางลม จึงสามารถประยุกต์ใช้ VAWT เป็นตัวต้นกำลังให้กับระบบผลิตไฟฟ้าจากลมที่มีความเร็วจำกัดได้ การศึกษาโครงสร้างของ VAWT แบบซาโวเนียสชนิดบิควอนแสดงให้เห็นว่าซาโวเนียสแบบบิควอนให้แรงบิดที่มีการกระเพื่อมขณะหมุนรอบตัวเองเมื่อได้รับลมน้อยกว่าแบบอื่น [15],[16] ลมจากคอยล์ร้อนเครื่องปรับอากาศเป็นพลังงานลมที่เปลือง แต่สามารถประยุกต์ใช้เป็นแหล่งพลังงานลมสำหรับผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ [17] ในประเทศที่มีพื้นที่จำกัดรวมถึงบริเวณที่ดินราคาสูง การสร้างห้องชุดแบบอาคารสูงรองรับผู้อยู่อาศัยจำนวนมากเป็นวิธีที่แพร่หลาย ผังของอาคารสูงเหล่านี้ส่วนใหญ่มีตำแหน่งติดตั้งคอยล์ร้อนของเครื่องปรับอากาศไว้ตรงเฉลียงด้านนอกห้องของทุกชั้นเรียงตัวในแนวดิ่ง ซึ่งมีความเป็นไปได้ที่จะใช้เป็นแหล่งพลังงานลมที่มีความเร็วจำกัดและต่อเนื่องได้ และด้วยรูปทรงของใบแบบบิควอนที่ควบคุมให้ลมที่เข้าปะทะใบกังหันแล้วหมุนวนขึ้นไปด้านบน ไม่ทิ้งเปล่าเหมือนใบ VAWT รูปทรงอื่น การควบคุมให้ลมหมุนวนขึ้นไปนี้ นอกจากจะเป็นความเร็วลมเสริมที่เข้าปะทะใบกังหันจากทิศทางด้านล่างแล้ว ยังควบคุมทิศทางลมจากคอยล์ร้อนให้ระบายขึ้นสู่ด้านบน ลดภาระทางอุณหภูมิจากสภาพแวดล้อมของผู้อยู่อาศัยได้อีกด้วย คณะวิจัยจึงศึกษาความเป็นไปได้ของการประยุกต์ใช้ VAWT แบบบิควอนสำหรับผลิตกระแสไฟฟ้าโดยใช้ลมจากคอยล์ร้อนของเครื่องปรับอากาศเป็นแหล่งพลังงานลมที่มีความเร็วจำกัด ประเทศ โดยทำการจำลองด้วยซอฟต์แวร์ SolidWorks® Flow simulation [18] และทำการทดลองผลิตกระแสไฟฟ้าโดยสร้างกังหันซาโวเนียสแบบบิควอนด้วยวัสดุที่หาได้ง่ายในประเทศ

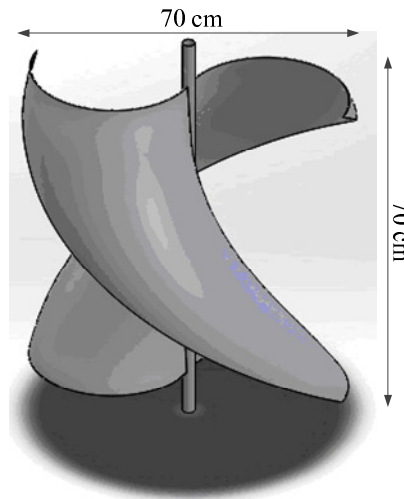
2. การออกแบบและสร้างกังหันลม

2.1 คอยล์ร้อนของเครื่องปรับอากาศ

หน่วยควบแน่น (Condensing Unit) หรือชุดคอยล์ร้อนรุ่น AER25L ของเครื่องปรับอากาศยี่ห้อ EMINENT ที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้มีเส้นผ่านศูนย์กลางช่องระบายลมร้อน 47 เซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 1 สามารถผลิตลมเมื่อความเร็วรอบมอเตอร์ระบายความร้อนสูงสุดได้ 5.9 เมตรต่อวินาที ณ ระยะห่างจากหน้าตะแกรงป้องกันใบพัดถึงเซนเซอร์วัดความเร็วลม 10 เซนติเมตร ความสูงทางกายภาพภายนอกของคอยล์ร้อนไม่รวมขาวัดได้ 63 เซนติเมตร



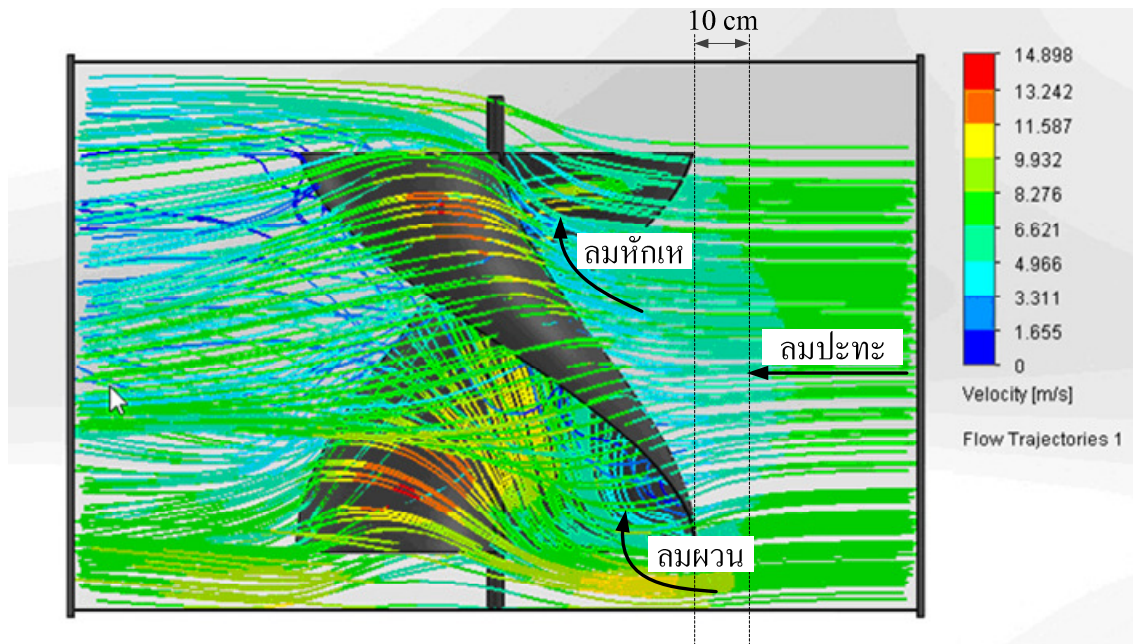
รูปที่ 1 มิติทางกายภาพของคอยล์ร้อนที่ใช้เป็นแหล่งพลังงานลม



รูปที่ 2 แบบวาด VAWT ชนิดซาโวเนียสแบบใบบิดวน 180 องศาที่ใช้ในการจำลอง

2.2 การศึกษาความเร็วลมใน SolidWorks® Flow simulation

ข้อมูลเบื้องต้นที่วัดได้จากคอยล์ร้อนทำให้นักวิจัยออกแบบ VAWT ชนิดซาโวเนียสแบบใบบิดวนให้มีความสูง 70 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 70 เซนติเมตร และใบบิดวนแบบ 180 องศา เพื่อความเหมาะสมในการติดตั้งเพื่อบันทึกผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 2 คณะวิจัยกำหนดเงื่อนไขในแบบจำลองดังตัวอย่างแสดงในรูปที่ 3 โดยให้ความเร็วลม ณ จุดที่มีระยะห่างก่อนเข้าปะทะใบกังหันลม 10 เซนติเมตร มีความเร็วลม 5.9 เมตรต่อวินาที ผลการจำลองแสดงให้เห็นว่ากระแสลมที่เข้าปะทะเพื่อสร้างแรงบิดหลักให้กับเพลากังหันจะถูกหักเหไปตามร่องโค้งของใบบิดวน โดยลมที่ถูกหักเหให้มีทิศทางขึ้นด้านบนนี้มีความเร็วลมสูงถึงร้อยละ 90 ของลมที่เข้าปะทะกังหันโดยตรง และการวิเคราะห์ลมผวนหลังใบบิดวนในแบบจำลองแสดงค่าความเร็วลมสูงกว่าร้อยละ 50 ของลมที่เข้าปะทะด้านหน้าใบ ความเร็วลมหักเหกับความเร็วมผวนนี้ ส่งผลให้กังหันลมได้รับความเร็วลมเสริมเพื่อสร้างแรงบิดที่แกนเพลากังหันลมได้เป็นอย่างดี จึงมีความเป็นไปได้ที่จะผลิตขึ้นทดสอบกับคอยล์ร้อนเพื่อบันทึกผลการทดลองต่อไป



รูปที่ 3 การศึกษาความเร็วลมที่เข้าปะทะใบกังหันแบบบิควอนใน SolidWorks® Flow simulation

2.3 VAWT ชนิดซาโวนีเยสแบบบิควอน

เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ และเป็นข้อมูลสำหรับปรับปรุงการผลิตกังหันลมแนวตั้งแบบบิควอนด้วยวัสดุที่หาได้ง่ายและมีราคาไม่แพงภายในประเทศ คณะวิจัยจึงได้สร้างกังหันลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 70 เซนติเมตร สูง 70 เซนติเมตร ตามรูปที่ 2 โดยกังหันลมต้นแบบใช้โครงและตะแกรงตลอดใบทำจากหลอดเหล็กชุบสังกะสีขนาด 5 มิลลิเมตร จากนั้นบุตะแกรงด้วยใยแก้ว ทารชิ้นเพิ่มความแข็งแรง แต่งผิวด้วยสีโป้วและขัดผิวเรียบทำสี กังหันลมต้นแบบที่สร้างขึ้นดังแสดงในรูปที่ 4(ก) มีน้ำหนัก 11 กิโลกรัม คณะวิจัยจึงได้พัฒนากังหันลมต้นแบบตัวที่ 2 ที่ใช้โครงทำจากหลอดเหล็กชุบสังกะสีเหมือนตัวที่ 1 แต่ใช้ตะแกรงหลอดตาสี่เหลี่ยมขนาดช่อง 1 ตารางเซนติเมตรซึ่งตลอดทั้งใบ บุตะแกรงด้วยผ้าบางและทารชิ้น จากนั้นขัดแต่งผิวให้เรียบโดยลดขั้นตอนการลงสีโป้ว กังหันลมต้นแบบตัวที่ 2 มีน้ำหนัก 3.7 กิโลกรัมดังแสดงในรูปที่ 4(ข)

3. การทดสอบผลิตไฟฟ้า

3.1 ระบบทดสอบการผลิตไฟฟ้า

ระบบทดสอบที่ใช้สำหรับผลิตไฟฟ้าดังแสดงในรูปที่ 5 ประกอบด้วยคอยล์ร็อน Eminent AER25L ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดลมให้กับ VAWT แบบบิควอนต้นแบบที่สร้างขึ้น กังหันลมต่อแบบขับตรงเข้ากับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดแม่เหล็กถาวร [19] และจ่ายพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้เข้าสู่วงจรจาร์จแบตเตอรี่และโหลด

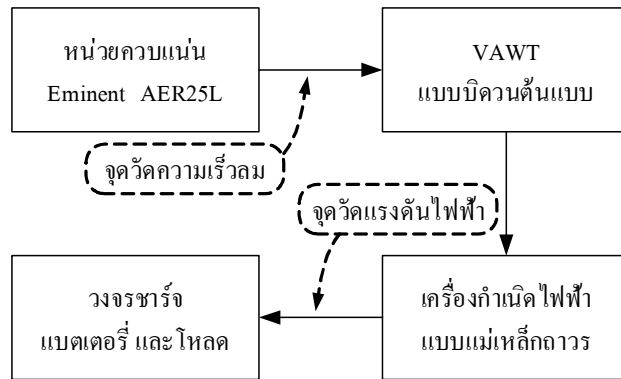


(ก)



(ข)

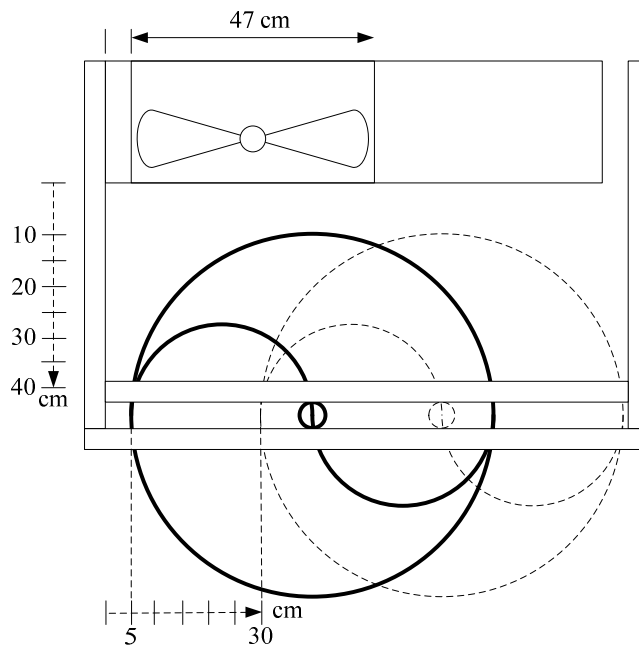
รูปที่ 4 VAWT แบบใบบิดวนต้นแบบที่สร้างขึ้น
(ก) ตัวที่ 1 น้ำหนัก 11 กิโลกรัม และ (ข) ตัวที่ 2 น้ำหนัก 3.7 กิโลกรัม



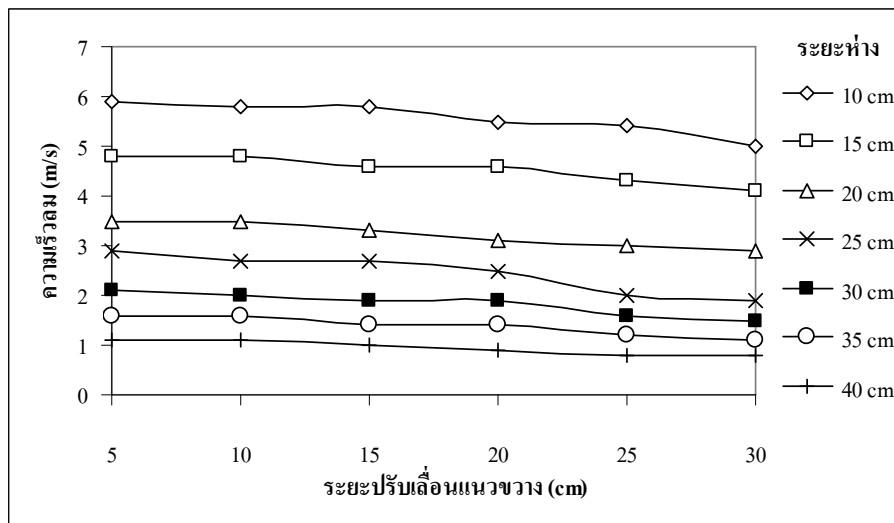
รูปที่ 5 ระบบทดสอบการผลิตไฟฟ้าด้วย VAWT แบบใบบิดวนกับคอยล์ร้อน

3.2 การติดตั้ง VAWT เข้ากับคอยล์ร้อน

กังหันลมต้นแบบที่สร้างขึ้นถูกติดตั้งบนโครงเหล็กไว้ด้านหน้าคอยล์ร้อนให้ปรับระยะห่างระหว่างกังหันลมกับช่องระบายความร้อน และปรับระยะแนววางของกังหันกับช่องระบายความร้อนจากคอยล์ร้อนได้ เพื่อศึกษาผลการผลิตไฟฟ้าของกังหันลมต้นแบบทั้ง 2 ตัวดังแสดงในรูปที่ 6 ระยะห่างระหว่างกังหันลมกับคอยล์ร้อนปรับได้ตั้งแต่ 10 ถึง 40 เซนติเมตร ด้วยความละเอียด 5 เซนติเมตร และระยะแนววางของช่องจ่ายลมกับกังหันลมปรับได้ตั้งแต่ 5 ถึง 30 เซนติเมตร ที่ความละเอียด 5 เซนติเมตร



รูปที่ 6 ระยะปรับเปลี่ยนชุดติดตั้งกันหันลมด้านหน้าช่องระบายความร้อนของคอยล์ร้อน



รูปที่ 7 ความเร็วลมจากคอยล์ร้อน ณ ระยะห่างและแนวรับลมที่ปรับตั้ง

4. ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้า

รูปที่ 7 แสดงผลการศึกษาค่าความเร็วลมจากพัดลมระบายความร้อนของคอยล์ร้อน ณ ระยะห่างจากคอยล์ร้อนและระยะแนวขวางของช่องจ่ายลมกับกั้นหันลมที่ปรับตั้ง ข้อมูลที่บันทึกได้แสดงให้เห็นว่าระยะห่างระหว่างกั้นหันลมกับคอยล์ร้อนเป็นปัจจัยหลักต่อความเร็วลม และมีนัยสำคัญกว่าระยะแนวขวางของช่องจ่ายลมกับกั้นลมมาก

ตารางที่ 1 การผลิตแรงดันไฟฟ้าของกังหันลมต้นแบบทั้ง 2 ตัว ณ แนวรับลม 5 เซนติเมตร

ระยะห่างระหว่างกังหัน กับคอยล์ร้อน (cm)	ความเร็วลมที่วัดได้ (m/s)	แรงดันไฟฟ้าที่ผลิตจาก กังหันลม น.น. 11 kg (V)	แรงดันไฟฟ้าที่ผลิตจาก กังหันลม น.น. 3.7 kg (V)
10	5.9	4.1	16.2
15	4.8	3.5	13.2
20	3.5	2.9	10.3
25	2.9	2.5	9.3
30	2.1	1.3	7.2
35	1.6	0.7	5.3
40	1.1	0	4.1

ตารางที่ 1 แสดงผลการผลิตไฟฟ้าของกังหันลมต้นแบบทั้ง 2 ตัว เมื่อทำการติดตั้งกังหันลมเข้ากับคอยล์ร้อน ณ ระยะห่างตามที่ปรับตั้งจาก 10 ถึง 40 เซนติเมตร เพิ่มระยะครั้งละ 5 เซนติเมตร เมื่อปรับตั้งแนวรับลมไว้ที่ 5 เซนติเมตร ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่ากังหันลมต้นแบบตัวที่ 2 ซึ่งลดน้ำหนักลงจากกังหันลมตัวที่ 1 ได้ร้อยละ 66.4 ผลิตแรงดันไฟฟ้าได้มากกว่าถึงเกือบ 4 เท่า และค่าแรงดันไฟฟ้าที่ผลิตได้ ณ ระยะห่าง 15 เซนติเมตร แสดงให้เห็นว่ากังหันลมตัวที่ 2 มีระยะห่างด้านหน้าคอยล์ร้อนมากพอสำหรับความยืดหยุ่นในการติดตั้งและประโยชน์ในการซ่อมบำรุงในการใช้งานจริง กังหันลมตัวที่ 2 สามารถผลิตแรงดันไฟฟ้าสูงสุดที่ความเร็วลม 5.9 เมตรต่อวินาทีที่ 16.2 โวลต์ ด้วยกระแสไฟฟ้า 0.5 แอมป์

5. สรุปผลการทดลอง

บทความวิจัยนี้กล่าวถึงการศึกษาความเป็นไปได้ของการประยุกต์ใช้กังหันลม ชนิดซาโวเนียสแบบใบบิดวน 180 องศาขนาดกะทัดรัดเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าโดยมีคอยล์ร้อนของเครื่องปรับอากาศเป็นแหล่งพลังงานลม กังหันลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 70 เซนติเมตร สูง 70 เซนติเมตร ถูกจำลองเพื่อศึกษาความเร็วลมที่กระทบใบกังหันใน SolidWorks® Flow Simulation ผลการจำลองเพื่อศึกษาลมปะทะ ลมหักเห และลมหมุนวน แสดงให้เห็นว่ามีความเป็นไปได้สำหรับการประยุกต์ใช้กังหันลมกับความเร็วลมจากคอยล์ร้อน กังหันลมต้นแบบจำนวน 2 ตัว ซึ่งผลิตจากวัสดุหาง่ายในประเทศถูกสร้างขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาการผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบแม่เหล็กถาวร ผลการศึกษาความเร็วลม ณ ระยะห่างระหว่างกังหันลมกับคอยล์ร้อน และระยะปรับเลื่อนแนวขวางระหว่างกังหันลมกับช่องลมระบายความร้อนแบบปรับตั้งได้แสดงให้เห็นว่า ระยะห่างระหว่างกังหันกับคอยล์ร้อนเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อความเร็วลมมากกว่าระยะปรับเลื่อนแนวขวางอย่างมีนัยสำคัญ กังหันลมตัวที่ 2 ซึ่งผลิตจากวิธีการที่ง่ายกว่า และมีน้ำหนักลดลงจากกังหันลมต้นแบบตัวที่ 1 ได้ถึงร้อยละ 66.4 สามารถผลิตแรงดันไฟฟ้าได้สูงสุด 16.2 โวลต์ ณ ความเร็วลม 5.9 เมตรต่อวินาที ซึ่งสูงกว่ากังหันลมต้นแบบตัวที่ 1 ประมาณ 4

เท่าตัว ผลการศึกษาดังกล่าวทำให้คณะวิจัยเชื่อว่าสามารถพัฒนา VAWT แบบใบบิดวนเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าจากคอยล์ร้อนได้ และผลการศึกษาหลักเหินแบบจำลองยังแสดงให้เห็นว่าสามารถพัฒนาเพื่อติดตั้งกังหันลมแบบใบบิดวนซ้อนเรียงกันตามแนวตั้งคู่ขนานกับแนวติดตั้งคอยล์ร้อนของห้องชุดอาคารสูงได้

กิตติกรรมประกาศ

คณะนักวิจัยขอขอบคุณ นายฉลอง ใจแก้ว และ นายอรรถพงศ์ เจริญแท้ นักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ สำหรับความอุตสาหะในการสร้างอุปกรณ์ทดลอง ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เสกสรรค์ ไชยจิตต์ สำหรับคำแนะนำในการจำลองด้วย SolidWorks® Flow Simulation และขอขอบคุณงบประมาณสนับสนุนการดำเนินงานวิจัยจากสำนักงานทรัพย์สินส่วนพระมหากษัตริย์ผ่านสถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน

เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, สถานการณ์พลังงานของประเทศไทย มกราคม 2560 [On-line], Available: http://www.dede.go.th/download/state_59/040460front_page.pdf [October 30, 2018].
- [2] การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, กฟผ. กับการพัฒนาพลังงานลมเพื่อผลิตไฟฟ้า [On-line], Available: http://www3.egat.co.th/re/egat_wind/egat_wind.htm [October 30, 2018].
- [3] สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, คู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทน ชุดที่ 1 ไฟฟ้าพลังงานลม [On-line], Available: <http://webkc.dede.go.th/testmax/sites/default/files/ไฟฟ้าพลังงานลม.pdf> [October 30, 2018].
- [4] กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, แผนที่ศักยภาพพลังงานลมของประเทศไทย [On-line], Available: <http://www2.dede.go.th/renew/Twm/main.htm> [October 30, 2018].
- [5] ชนะ จันทรี่จำ, จอมภพ แววศักดิ์, นิรันดร มาแทน และยุทธนา ภูริระวิชย์กุล, “ศักยภาพพลังงานลมตามแนวชายฝั่งทะเลอ่าวไทยบริเวณภาคใต้ตอนกลางของประเทศไทย,” วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ, ปีที่ 15, ฉบับที่ 2, 2555, หน้า 10-17.
- [6] มานพ พูนน้อย และ เกียรติฟ้า ตั้งใจจิต, “การศึกษาศักยภาพพลังงานลมเฉพาะแหล่งในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทย,” วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น, ปีที่ 18, ฉบับที่ 5, 2556, หน้า 803 - 810.
- [7] M. Zemamou, M. Aggour and A. Toumi, “Review of savonius wind turbine design and performance,” Energy Procedia, Vol. 141, 2017, pp. 383-388.

- [8] B. D. Altan, M. Atilgan and A. Ozdamar, “An experimental study on improvement of a Savonius rotor performance with curtaining,” *Experimental Thermal and Fluid Science*, Vol. 32, No. 8, 2008, pp. 1673-1678.
- [9] Z. Ming, A. Sikaer, G. Weiting and L. Chen, “Economic analysis of the stability in the wind turbine selection,” in *IEEE Proc. APPEEC 2010*.
- [10] ANSYS® FLUENT is a registered trademark of the ANSYS, Inc.
- [11] I. Mălăeș and H. Dumitrescu, “Numerical simulation of VAWT flow using FLUENT,” *UPB Scientific Bulletin, Series D: Mechanical Engineering*, Vol. 76, No. 1, 2014, pp.109 – 122.
- [12] K. Suffer, R. Usubamatov, G. Quadir and K. Ismail, “Modeling and numerical simulation of a vertical axis wind turbine having cavity vanes,” in *Int. Conf. on intelligent systems, modelling and simulation*, 2014, pp. 479 – 484.
- [13] A. Alaimo, A. Esposito, A. Messineo, C. Orlando and D. Tumino, “3D CFD analysis of a vertical axis wind turbine,” *Energies*, Vol. 8, No. 4, 2015, pp. 3013 – 3033.
- [14] C. Ke, W. Zhongwei, H. Yan Chen and Y. Guangjing, “The comparison of theoretical potential application of two types of wind turbines in northern Shaanxi,” in *IEEE Proc. APPEEC 2012*.
- [15] Z. Zhao, Y. Zheng, X. Xu, W. Liu and G. Hu, “Research on the Improvement of the Performance of Savonius Rotor Based on Numerical Study”, *International Conference on Sustainable Power Generation and Supply*, China, April 6-7, 2009.
- [16] J. H. Lee, Y. Tae and H. C. Lim, “Effect of Twist Angle on The Performance of Savonius Wind Turbine,” *Renewable Energy*, Vol. 89, 2015, pp. 231 – 244.
- [17] บุญญฤทธิ์ วังนอน, “กั้นห้ามผลิตกระแสไฟฟ้าจากลมร้อนเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน,” *วารสารวิจัยราชมนักลกรุงเทพฯ*, ฉบับที่ 11, 2560, หน้า 47 - 54.
- [18] SolidWorks® Flow Simulation is a registered trademark of the Dassault Systemes.
- [19] P. Rerkkumsup and P. Yimsamerjit, “The Development of Low Voltage Generation System using a Compact Vertical Axis Wind Turbine,” *Pathumwan Academic Journal*, Vol. 3, No. 6, 2013, pp. 11 – 16.