

การออกแบบและสร้างกังหันลมแนวตั้งขนาดกระทัดรัด

The Design and Construction of Compact Vertical Axis Wind Turbines

พงษ์พันธุ์ ฤกษ์ชุมทรัพย์^{1,*} จรัสศรี เสือทับทิม² และ ปฏิภาณ อร่ามวานิชย์²

¹สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตขั้นสูง ²สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน

*Email : pongpun@pit.ac.th, rerkkumsup@hotmail.com

Pongpun Rerkkumsup^{1,*}, Jaratsri Soeatuptim² and Patiparn Aramwanid²

¹Department of Advanced Manufacturing Technology ²Department of Mechatronics Engineering

Faculty of Engineering, Pathumwan Institute of Technology

*Email : pongpun@pit.ac.th, rerkkumsup@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้กล่าวถึงการศึกษากังหันลมแนวตั้ง ความสูง 1 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เมตร ที่มีโครงสร้างต่างกัน 3 ชนิด ได้แก่ ชนิดซาโวเนียส ชนิด C และชนิด Lenz กังหันลมทั้ง 3 ชนิดถูกออกแบบและจำลองในซอฟต์แวร์ SolidWorks® Flow simulation โดยในการจำลอง แบ่งการศึกษากังหันลมแต่ละชนิดออกเป็น 4 โมเดลย่อย ได้แก่ แบบ 2 ใบ, 3 ใบ, 4 ใบ และ 6 ใบ เพื่อวิเคราะห์ศักยภาพของกังหันลมที่เกิดจากการปะทะด้วยความเร็วลม ผลการจำลองแสดงให้เห็นว่ากังหันลมแบบ 6 ใบเป็นโครงสร้างที่มีศักยภาพสูงที่สุด กังหันลมทั้ง 3 ชนิดจึงถูกสร้างขึ้นเพื่อทำการทดสอบประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้า ผลการทดสอบประสิทธิภาพเมื่อเทียบกับน้ำหนักของกังหันลมที่สร้างขึ้นแสดงให้เห็นว่ากังหันลมชนิด Lenz เริ่มหมุนที่ความเร็วลมต่ำสุด 0.6 เมตรต่อวินาที และผลิตแรงดันไฟฟ้าได้สูงสุด 16.8 โวลต์ ที่ความเร็วลม 8.43 เมตรต่อวินาที แต่กังหันลมชนิดซาโวเนียสมีศักยภาพเมื่อเทียบกับน้ำหนักในการผลิตแรงดันไฟฟ้าถึงระดับซาร์จที่ความเร็วลมต่ำสุด 6.87 เมตรต่อวินาที

คำสำคัญ: กังหันลมแนวตั้งขนาดกระทัดรัด, SolidWorks® Flow simulation

Abstract

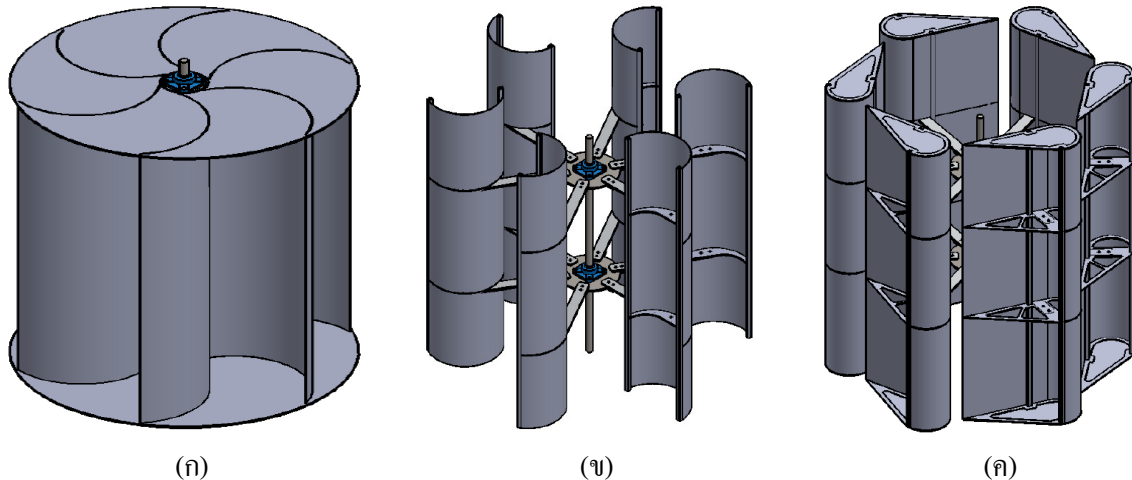
This research describes the design and construction of vertical axis wind turbines (VAWT), in which 1 meter height and 1 meter diameter, for 3 different structures i.e. Savonius type, C type and Lenz type. Three types of VAWT are designed and simulated in SolidWorks® Flow simulation. In the simulation, each type of VAWT is studied for 4 models i.e. 2 blades, 3 blades, 4 blades and 6 blades for analyzing of the performance of VAWT blown by wind speed. The simulation results show that the 6 blades VAWTs are highest performance

structures. Three types of VAWT then are constructed for studying the performance for electrical generation. The results of performance test, when weight ratios of constructed VAWTs are compared, show that the Lenz type VAWT started to rotate at the lowest wind speed of 0.6 m/s and generated the maximum voltage of 16.8 V when wind speed is of 8.43 m/s. But the Savonius type VAWT has the performance to weight ratio to generate electricity at charging level at the lowest wind speed of 6.87 m/s.

Keywords: Compact VAWT, SolidWorks® Flow simulation

1. บทนำ

วิกฤตการณ์พลังงานในประเทศ [1] ทำให้หลายภาคส่วนทุ่มเทกับการพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อใช้พลังงานทดแทนให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด พลังงานลมเป็นหนึ่งในพลังงานหมุนเวียนที่ได้รับความสนใจและเกิดการพัฒนาย่างต่อเนื่องและติดตั้งเพื่อใช้งานในหลายพื้นที่ [2] อย่างไรก็ตาม ลมมีลักษณะเฉพาะตามแต่ภูมิประเทศและภูมิอากาศของแต่ละพื้นที่ [3] – [4] ทำให้อุปกรณ์ในระบบผลิตไฟฟ้าที่พัฒนาขึ้นสำหรับเงื่อนไขการใช้งานหนึ่งเกิดการใช้งานไม่คุ้มค่าเมื่อนำไปใช้งานในเงื่อนไขที่ต่างไป [5] โดยเฉพาะอุปกรณ์จากต่างประเทศที่นำมาประยุกต์ใช้ในประเทศไทย การออกแบบและพัฒนากังหันลมเชิงพาณิชย์ให้เหมาะสมกับการใช้งานในสภาพแวดล้อมที่หลากหลายจึงเป็นสิ่งจำเป็น การจำลองด้วยซอฟต์แวร์เฉพาะทางสำหรับแก้ปัญหาการคำนวณไดนามิกของไหล (Computational Fluid Dynamic, CFD) เช่น ANSYS® FLUENT [6] ช่วยให้การวิเคราะห์เพื่อออกแบบและพัฒนากังหันลมมีประสิทธิภาพมากขึ้น นำไปสู่การผลิตที่มีศักยภาพตามที่คาดหวัง [7] – [9] ลมในเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑลเป็นลมความเร็วต่ำถึงปานกลาง และมีลมกรรโชกเป็นครั้งคราว การติดตั้งกังหันลมแนวนอน (Horizontal-Axis Wind Turbine, HAWT) ต้องการทำเลในการติดตั้งเป็นพิเศษ เพราะมีความสูงของเสามาก และสูงจนอาจเกิดอันตรายเมื่อกังหันลมโค่นล้มในเขตที่พิกัดภัย ทางด่วนและทางพิเศษหลายเส้นทาง [10] มีความสูงเฉลี่ยกว่า 10 เมตร มีลมธรรมชาติพัดผ่านตลอดเวลา อีกทั้งความเร็วของรถยนต์ที่แล่นในช่วงที่การจราจรมีสภาพล่องตัวทำให้เกิดลมพวนวิ่งตามท้ายรถยนต์บนเส้นทางจราจรในปริมาณมากและมีความเร็วลมสูง ด้วยข้อดีของกังหันลมแนวแกนตั้ง (Vertical-Axis Wind Turbine, VAWT) [11] ที่สามารถรับลมจากทุกทิศทางโดยไม่ต้องการกลไกรับระนาบใบพัดเข้าหาทิศทางลม HAWT จึงสามารถประยุกต์ใช้กังหันลมแนวแกนตั้งเป็นตัวต้นกำลังให้กับระบบผลิตไฟฟ้าด้วยความเร็วลมธรรมชาติและลมพวนบนทางด่วนในอนาคต คณะนักวิจัยจึงศึกษาศักยภาพของกังหันลมแนวตั้งขนาดกระทัดรัดต่างชนิดที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากันที่ 1 เมตร โดยคัดเลือกชนิดที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายที่มีโครงสร้างไม่ซับซ้อน และสามารถผลิตขึ้นเองได้ในประเทศ โดยทำการจำลองด้วยซอฟต์แวร์ SolidWorks® Flow simulation [12] เพื่อเปรียบเทียบศักยภาพกังหันลมต่อความเร็วลมที่ป้อนให้เป็นการเบื้องต้น ก่อนคัดเลือกแบบที่มีศักยภาพสูงสุดเพื่อสร้างชิ้นและเปรียบเทียบศักยภาพการผลิตไฟฟ้าที่ความเร็วลมทดสอบ



รูปที่ 1 ตัวอย่างกังหันลมแนวตั้งชนิด (ก) Savonius (ข) C และ (ค) Lenz
แบบ 6 ใบที่ศึกษาและวิเคราะห์ด้วยซอฟต์แวร์ SolidWorks® Flow simulation

2. กังหันลมแนวตั้งขนาดกระทัดรัด

ในการศึกษาครั้งนี้ คณะนักวิจัยเลือกศึกษาโครงสร้างของกังหันลมแนวตั้งที่มีประสิทธิภาพสูงที่ใช้งานอย่างกว้างขวาง และมีโครงสร้างง่ายต่อการผลิตจากวัสดุทนทานและมีราคาถูกภายในประเทศ ได้แก่ กังหันลมชนิดซาโวเนียส (Savonius), ชนิดตัวอักษรซี (C) และชนิดเลนซ์ (Lenz) โดยกำหนดให้กังหันลมทั้ง 3 ชนิดมีมิติทางกายภาพเท่ากัน คือ สูง 1 เมตร และเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เมตร จากนั้นจำลองเพื่อศึกษากังหันลมทั้ง 3 ชนิดในซอฟต์แวร์ SolidWorks® Flow simulation โดยในแต่ละชนิด แยกย่อยการศึกษาเป็นแบบหลายใบ (Multi-blade) ได้แก่ แบบ 2 ใบ, 3 ใบ, 4 ใบ และ 6 ใบ รวมทั้งสิ้น 12 โมเดล ดังแสดงตัวอย่างโมเดลกังหันลมทั้ง 3 ชนิดแบบ 6 ใบในรูปที่ 1 เพื่อให้โครงสร้างของกังหันลมแต่ละชนิดมีความซับซ้อนน้อยที่สุดสำหรับผลิตขึ้นทดสอบ จึงกำหนดให้ใบกังหันลมชนิดซาโวเนียสมีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับรัศมีของตัวกังหัน ใบกังหันลมชนิดตัวอักษร C มีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับครึ่งหนึ่งของรัศมีตัวกังหันและเชื่อมต่อกับก้านใบที่ยึดเข้ากับแกนกังหันลม ใบกังหันลมชนิดเลนซ์มีเส้นผ่านศูนย์กลางช่วงฐานเท่ากับใบกังหันชนิดตัวอักษร C โดยผนังมีทิศทางทำมุมเข้าหากันลากยาวไปจนเกือบถึงฐานใบที่อยู่ด้านหน้า และจัดวางใบกังหันลมทุกชนิดให้ทำมุมเท่ากันรอบแนวแกน

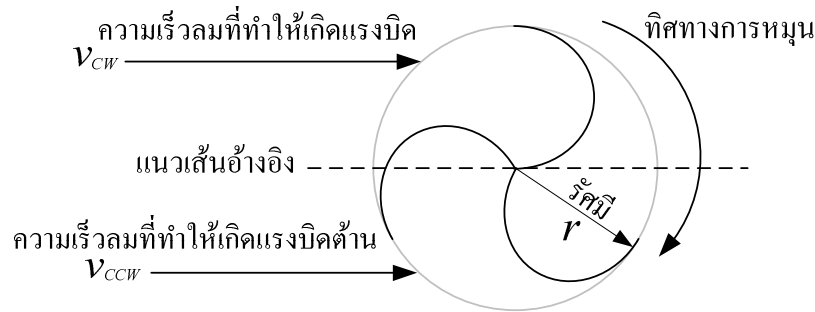
3 แนวคิดในการวิเคราะห์ศักยภาพกังหันลมด้วย SolidWorks® Flow simulation

เมื่อพิจารณาถึงความเร็วรอบเชิงมุม (Angular velocity, ω) ของกังหันลมแนวตั้ง

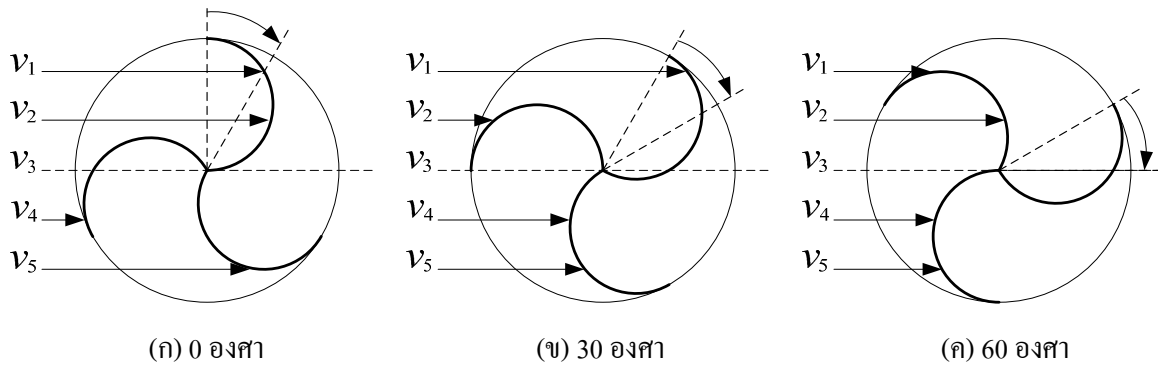
$$\omega \propto \frac{v}{r_e} \quad (1)$$

โดยที่ v คือ ความเร็วลมในแนวเชิงเส้น (m/s)

r_e คือ รัศมีประสิทธิภาพที่ลมเข้าปะทะกับกังหันลม (m)



รูปที่ 2 แนวคิดการวิเคราะห์แรงบิดที่แปรตามความเร็วลมเข้าปะทะ



รูปที่ 3 แนวคิดการวิเคราะห์ศักยภาพของกังหันลม ณ ตำแหน่งความเร็วลมเข้าปะทะแบบหลายเฟรม
โดยแต่ละเฟรมจะบิดมุมรับลมของกังหันลมไป 30 องศา

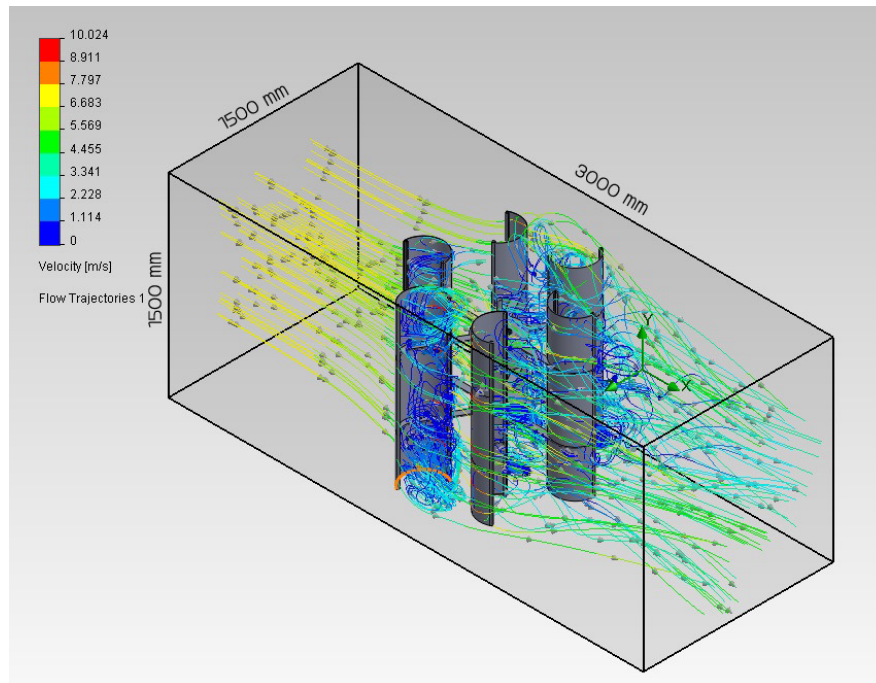
เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้กำหนดให้กังหันลมทั้ง 3 ชนิดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากัน จึงสามารถประมาณได้ว่าค่ารัศมีประสิทธิภาพ r_e ในการวิเคราะห์ความเร็วเชิงมุมของกังหันลมทุกชนิดในโมเดลมีค่าเท่ากัน ทำให้การวิเคราะห์แรงบิด (Torque, T) ที่เกิดจากการปะทะของความเร็วลมดังแสดงในรูปที่ 2 ประมาณได้ว่า

$$T \propto m \left(\frac{\Delta v_{CW}}{\Delta t} - \frac{\Delta v_{CCW}}{\Delta t} \right) r_e \quad (2)$$

เมื่อ v_{CW} คือ ความเร็วลมที่ปะทะในทิศทางทำให้กังหันลมหมุนตามเข็มนาฬิกา (m/s)

v_{CCW} คือ ความเร็วลมที่ปะทะในทิศทางทำให้กังหันลมหมุนทวนเข็มนาฬิกาหรือแรงต้านการหมุน (m/s)

การวิเคราะห์ศักยภาพสัมพัทธ์ของกังหันลมทั้ง 12 โมเดลใน SolidWorks® Flow simulation อาศัยหลักการแบ่งครึ่งรอบการหมุนของกังหันลมออกเป็น 6 เฟรม โดยกำหนดให้กังหันลมในเฟรมแรกทำมุม 0 องศา (ตั้งฉากกับทิศทางลม) ดังแสดงในรูปที่ 3(ก) หลังจากวิเคราะห์ความเร็วลมที่ปะทะกับใบกังหันในทิศทางที่ทำให้เกิดแรงบิดเทียบกับความเร็วลมที่ปะทะในทิศทางที่ทำให้เกิดแรงบิดต้านแล้ว จึงทำการวิเคราะห์เฟรมต่อไปโดยการหมุนมุมรับลมต่างไปจากเดิม 30 องศา ดังแสดงในรูปที่ 3(ข) จากนั้นทำซ้ำจนกระทั่งถึงเฟรมสุดท้ายที่มุมรับ



รูปที่ 4 ตัวอย่างการจำลองและวิเคราะห์ความเร็วลมในโมเดลกังหันลมด้วย SolidWorks® Flow simulation

ลมของกังหันลมอยู่ที่ 150 องศา ดังแสดงตัวอย่างการหมุนมุมกังหัน 0 – 60 องศา และแนวคิดกรณีแนวลม 5 เส้น ในรูปที่ 3 เพื่อหาผลรวมของความเร็วลมที่เกิดขึ้นกับกังหันลมแต่ละโมเดลจากทุกเฟรม

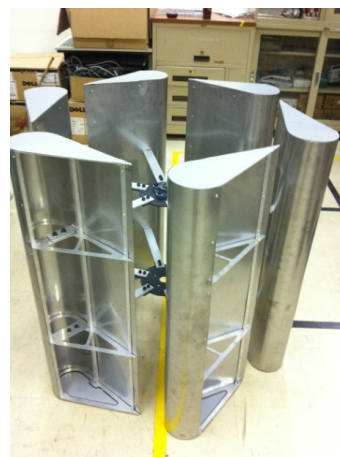
คณะนักวิจัยทำการจำลองและศึกษากังหันลมทั้ง 3 ชนิด ชนิดละ 4 โมเดล คือ โมเดล 2 ใบ, 3 ใบ, 4 ใบ และ 6 ใบ เพื่อศึกษาความเร็วลมที่เข้าปะทะใบกังหันที่ทำให้เกิดการหมุนและด้านการหมุน โดยในเงื่อนไขการจำลองกำหนดให้แหล่งจ่ายลมอยู่ห่างจากกังหันลมระยะ 1 เมตร และมีช่องว่างหลังกังหันลมระยะ 1 เมตร มีช่องว่างด้านข้างซ้ายขวาและบนล่างกังหันลมด้านละ 25 เซนติเมตร ดังแสดงตัวอย่างสถานการณ์จำลองกังหันลม ชนิด C แบบ 6 ใบในรูปที่ 4 จากนั้นเปรียบเทียบศักยภาพสัมพัทธ์ของกังหันลมชนิดเดียวกัน เพื่อหาโมเดลที่มี ศักยภาพสูงสุดในแต่ละชนิด โดยในการศึกษาครั้งนี้ แบ่งแนวการศึกษาความเร็วลมที่เข้าปะทะใบกังหันออกเป็น 2 กรณี ได้แก่ กรณีแนวลม 11 เส้น และกรณีแนวลม 21 เส้น โดยใช้เส้นที่อยู่ตรงกลางเป็นแนวเส้นอ้างอิง ผลการจำลองและวิเคราะห์ความเร็วลมเข้าปะทะใบของกังหันลมทั้ง 3 ชนิด 12 โมเดล แสดงให้เห็นว่ากังหันลมทั้ง 3 ชนิดแบบ 6 ใบมีศักยภาพสัมพัทธ์สูง มีความได้เปรียบเรื่องแรงบิดต่อเนื่องมากกว่าแบบอื่น ความเร็วลมรวมที่ กระทบกังหันลมมากที่สุดในแต่ละชนิดสัมพันธ์กับพลังงานจลน์และโมเมนตัมที่กังหันลมใช้ผลิตพลังงานไฟฟ้า คณะวิจัยจึงสร้างกังหันลมทั้ง 3 ชนิดแบบ 6 ใบเพื่อทำการศึกษาและเปรียบเทียบศักยภาพสัมพัทธ์ในการผลิต กระแสไฟฟ้าต่อไป



(ก)

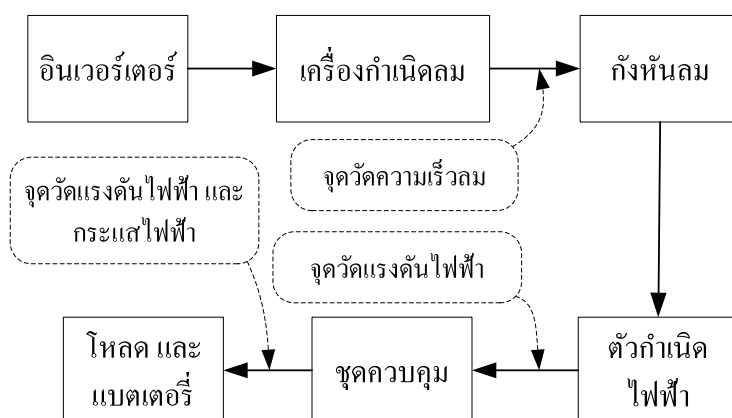


(ข)



(ค)

รูปที่ 5 กังหันลมแนวตั้ง (ก) ชนิดชาวนิอุส น้ำหนัก 21 กิโลกรัม (ข) ชนิด C น้ำหนัก 19 กิโลกรัม และ (ค) ชนิด Lenz น้ำหนัก 19 กิโลกรัม แบบ 6 ใบที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ในการทดลอง

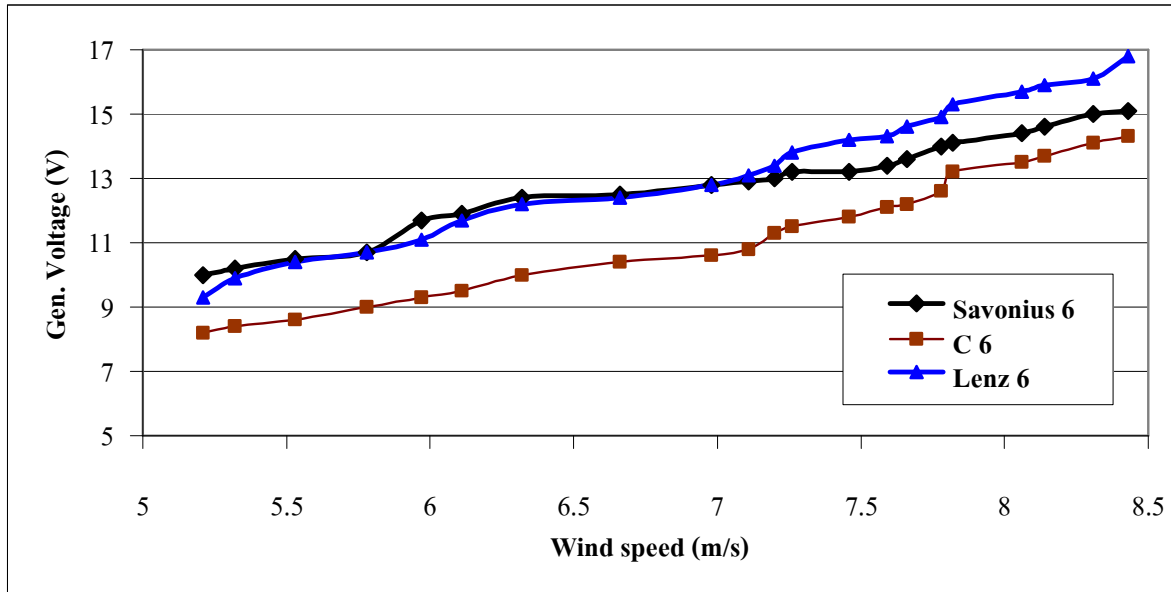


รูปที่ 6 ระบบทดสอบศึกษาการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยกังหันลม

4. ประสิทธิภาพของกังหันลมแนวตั้งขนาดกระทัดรัด

กังหันลมแนวตั้งชนิดชาวนิอุส, ชนิด C และชนิดเลนซ์ (Lenz) แบบ 6 ใบถูกสร้างขึ้นโดยมีโครงสร้างส่วนใหญ่ทำจากอะลูมิเนียมและแผ่นสแตนเลส โดยคำนึงถึงความแข็งแรงตามแบบที่ศึกษาในการจำลองและปรับลดน้ำหนักให้กังหันลมทั้ง 3 ชนิดมีน้ำหนักใกล้เคียงกันให้มากที่สุด อย่างไรก็ตาม ด้วยกังหันลมแนวตั้งแบบชาวนิอุสมีโครงสร้างที่บั่นทอนกว่าอีก 2 ชนิด จึงทำให้กังหันลมทั้ง 3 ชนิดมีน้ำหนักต่างกันเล็กน้อย โดยชนิดชาวนิอุสมีน้ำหนัก 21 กิโลกรัม ชนิดตัวอักษร C และชนิด Lenz มีน้ำหนักเท่ากันที่ 19 กิโลกรัม ดังแสดงในรูปที่ 5

กังหันลมแนวตั้งทั้ง 3 ชนิดที่สร้างขึ้นถูกนำไปต่อเข้ากับตัวกำเนิดกระแสไฟฟ้าชนิดแม่เหล็กถาวร [13] และระบบควบคุมการทำงานดังแสดงบล็อกไดอะแกรมในรูปที่ 6 เพื่อทดสอบและเปรียบเทียบศึกษา โดยในการทดลองครั้งนี้ คณะนักวิจัยเลือกกระชดทดสอบให้กังหันลมวางห่างจากเครื่องกำเนิดความเร็วลมระยะ 1 เมตร



รูปที่ 7 สักยภาพการผลิตไฟฟ้าของกังหันลมแนวตั้งแบบ 6 ใบทั้ง 3 ชนิด

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบระบบผลิตไฟฟ้าด้วยกังหันลมแนวตั้งที่สร้างขึ้น

	ชนิดชาโวีนุส	ชนิด C	ชนิด Lenz
ความเร็วลมที่กังหันเริ่มหมุน (m/s)	1.0	1.0	0.6
แรงดันไฟฟ้าที่ความเร็วลม 5.21 m/s (V)	10.0	8.2	9.3
แรงดันไฟฟ้าที่ความเร็วลม 8.43 m/s (V)	15.1	14.3	16.8
ความเร็วลมเมื่อระบบเริ่มชาร์จ (m/s)	7.6	8.1	7.2
กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ (A)	0.5	0.4	0.5
พลังงานไฟฟ้าที่ความเร็วลม 8.43 m/s (W)	7.55	5.72	8.4

จากนั้นปรับความถี่อินเวอร์เตอร์เพิ่มขึ้นและทำการวัดความเร็วลมหน้ากังหัน เพื่อทดสอบความเร็วลมที่กังหันลมเริ่มหมุน ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่ากังหันลมชนิดชาโวีนุสและชนิด C เริ่มหมุนที่ความเร็วลม 1 เมตรต่อวินาที ในขณะที่กังหันลมชนิด Lenz เริ่มหมุนที่ความเร็วลม 0.6 เมตรต่อวินาที ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบความเร็วลมเริ่มหมุนโดยคำนึงถึงสัดส่วนน้ำหนักของกังหันลมชนิดชาโวีนุสที่หนักกว่าชนิด Lenz 10.52% ผลการคำนวณแสดงให้เห็นว่ากังหันลมชนิด Lenz มีความเร็วเริ่มหมุนต่ำที่สุด

ในการทดลองผลิตไฟฟ้า คณะนักวิจัยทำการปรับความถี่อินเวอร์เตอร์ระหว่าง 30 – 50 Hz ทำให้สามารถปรับความเร็วลมที่จ่ายให้กับกังหันลมได้ระหว่าง 5.21 – 8.43 เมตรต่อวินาที จากนั้นทำการบันทึกค่าแรงดันไฟฟ้าที่ตัวกำเนิดไฟฟ้าผลิตได้จากการหมุนของกังหัน รวมถึงวัดแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าเอาต์พุตของชุดควบคุมที่จ่ายไปยังโหลดและชาร์จเข้าสู่แบตเตอรี่ดังผลการทดลองแสดงในรูปที่ 7 และตารางที่ 1 ซึ่งจะเห็นว่ากังหันลม

ชนิด Lenz ให้แรงดันไฟฟ้าสูงสุด 16.8 โวลต์ ที่ความเร็วลม 8.43 เมตรต่อวินาที ซึ่งใกล้เคียงกับระดับแรงดันไฟฟ้าที่ผลิตได้จากกังหันลมชนิดชาวนิอุสหลังเทียบสัดส่วนกับน้ำหนักกังหันซึ่งผลิตได้ 16.6 โวลต์ และกังหันลมชนิดชาวนิอุสมีศักยภาพเมื่อเทียบกับน้ำหนักในการผลิตแรงดันไฟฟ้าถึงระดับชาร์จที่ความเร็วลมต่ำสุด 6.87 เมตรต่อวินาที โดยที่กังหันลมชนิดตัวอักษร C มีศักยภาพต่ำที่สุดในจำนวนกังหันลมทั้ง 3 ชนิดที่ทำการทดสอบทุกมิติ เมื่อพิจารณาจากโครงสร้างที่มีความซับซ้อนน้อยที่สุดเพื่อประโยชน์ในการผลิตขึ้นใช้งาน สามารถสรุปได้ว่ากังหันลมชนิดชาวนิอุสมีความเหมาะสมที่สุด โดยอาจมีการปรับปรุงโครงสร้างให้มีน้ำหนักลดลง เช่น การเจาะหรือฉลุแผ่นประกอบด้านบนและล่าง ส่วนกังหันลมชนิด Lenz เหมาะกับกรณีที่ต้องการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อปรับปรุงมุมรับลมและรูปแบบของใบรับลมให้มีศักยภาพสูงขึ้น และเหมาะสมกับความเร็วลมภายในสภาพแวดล้อมใช้งาน

5. สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้กล่าวถึงการออกแบบและสร้างเพื่อศึกษากังหันลมแนวตั้งขนาดกะทัดรัด กังหันลมแนวตั้งที่มีโครงสร้างต่างกัน 3 ชนิด ได้แก่ ชนิดชาวนิอุส ชนิด C และชนิด Lenz ความสูง 1 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เมตร ถูกออกแบบและจำลองในซอฟต์แวร์ SolidWorks® Flow simulation โดยในการจำลองครั้งนี้ แบ่งการศึกษากังหันลมแต่ละชนิดออกเป็น 4 โมเดลย่อย ได้แก่ แบบ 2 ใบ, แบบ 3 ใบ, แบบ 4 ใบ และแบบ 6 ใบเพื่อวิเคราะห์ศักยภาพของกังหันลมที่เกิดจากการปะทะด้วยความเร็วลม การจำลองแบบแบ่งเฟรมโดยการหมุนมุมกังหันลมเฟรมละ 30 องศาจนครบครึ่งรอบการหมุนแสดงให้เห็นว่ากังหันลมแบบ 6 ใบเป็นโครงสร้างที่มีศักยภาพสูงที่สุด คณะวิจัยจึงสร้างกังหันลมทั้ง 3 ชนิดเพื่อทำการทดสอบประสิทธิภาพการผลิตกระแสไฟฟ้า ผลการทดสอบประสิทธิภาพเมื่อเทียบสัดส่วนกับน้ำหนักของกังหันลมที่สร้างขึ้นแสดงให้เห็นว่ากังหันลมชนิด Lenz เริ่มหมุนที่ความเร็วลมต่ำสุดที่ 0.6 เมตรต่อวินาที และผลิตแรงดันไฟฟ้าได้สูงสุด 16.8 โวลต์ ที่ความเร็วลม 8.43 เมตรต่อวินาที โดยกังหันลมชนิดชาวนิอุสมีศักยภาพเมื่อเทียบกับน้ำหนักกังหันในการผลิตแรงดันไฟฟ้าถึงระดับชาร์จที่ความเร็วลมต่ำสุด 6.87 เมตรต่อวินาที

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะนักวิจัยขอขอบคุณ นายพีรพัฒน์ เครือวัลย์ และ นายศศิพงษ์ วงษ์ประเสริฐ นักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ สำหรับความอุตสาหะในการสร้างอุปกรณ์ทดลอง 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 [April 18, 2017].
- [2] การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. *กฟผ. กู้บการพัฒนาพลังงานลมเพื่อผลิตไฟฟ้า*. [On-line]. Available: http://www3.egat.co.th/re/egat_wind/egat_wind.htm [April 18, 2017].
- [3] สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. *พลังงานลม*. [On-line]. Available: <http://www.eppo.go.th/images/Power/renewable-energy/17.pdf> [April 17, 2017].
- [4] กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน. *แผนที่ศักยภาพพลังงานลมของประเทศไทย*. [On-line]. Available: <http://www2.dede.go.th/renew/Twm/main.htm> [April 17, 2017].
- [5] Z. Ming, A. Sikaer, G. Weiting and L. Chen, “Economic analysis of the stability in the wind turbine selection,” in *IEEE Proc. APPEEC 2010*.
- [6] ANSYS® FLUENT is a registered trademark of the ANSYS, Inc.
- [7] I. Mălăeșel and H. Dumitrescu, “Numerical simulation of VAWT flow using FLUENT,” *UPB Scientific Bulletin, Series D: Mechanical Engineering*, Vol. 76, Iss. 1, 2014, pp.109 – 122.
- [8] 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.
- [9] A. Alaimo, A. Esposito, A. Messineo, C. Orlando and D. Tumino, “3D CFD analysis of a vertical axis wind turbine,” *Energies*, Vol. 8, Iss. 4, 2015, pp. 3013 – 3033.
- [10] *แผนที่รวมระบบทางด่วน*. [On-line]. Available: http://www.exat.co.th/index.php/th_TH/page/details/52 [April 18, 2017].
- [11] C. Ke, W. Zhongwei, H. Yanchen and Y. Guangjing, “The comparison of theoretical potential application of two types of wind turbines in northern Shaanxi,” in *IEEE Proc. APPEEC 2012*.
- [12] SolidWorks® Flow Simulation is a registered trademark of the Dassault Systemes.
- [13] 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.