

การออกแบบอุปกรณ์จัดเรียงการไหลของอากาศสำหรับระบบกังหันลมผลิตไฟฟ้าจาก พัดลมระบายอากาศ

Design of Flow Straightener of Exhaust Fan Energy Recovery System

ธนพล พงศ์พิพัฒน์^{1*} และเวชพงศ์ ชูติชูเดช¹

¹ ภาควิชาวิศวกรรมการบินและอวกาศ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
50 ถนนพหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900
*ติดต่อ: thanappo@gmail.com, 083-077-6966

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีแนวความคิดในการพัฒนาระบบกังหันลมผลิตไฟฟ้าจากพัดลมระบายอากาศ (Exhaust Fan Energy Recovery) โดยนำกังหันลมแนวนอน (Horizontal Axis Wind Turbine, HAWT) ขนาดเล็กมาติดตั้งอยู่ด้านหลังพัดลมระบายอากาศแบบแนวแกน (Axial Fan) ที่ใช้ในโรงเรือนเลี้ยงไก่เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าเนื่องจากความเร็วลมที่ถูกระบายออกมาอยู่ในช่วงที่เหมาะสมและคงที่แตกต่างจากลมที่เกิดขึ้นในธรรมชาติที่มีความเร็วต่ำและไม่สม่ำเสมอ ไฟฟ้าที่ผลิตได้จากกังหันลมจะถูกจ่ายย้อนกลับเพื่อนำไปใช้ในระบบไฟส่องสว่างหรือในรูปแบบของการลดพลังงานไฟฟ้า ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาลักษณะการไหลของอากาศและหาประสิทธิภาพของระบบกังหันลมผลิตไฟฟ้าจากพัดลมระบายอากาศ ด้วยวิธีพลศาสตร์การไหลเชิงคำนวณ (Computational Fluid Dynamics, CFD) ควบคู่ไปกับวิธีการทดลองโดยทำการออกแบบและสร้างชุดทดสอบประกอบไปด้วยพัดลมระบายอากาศแบบแนวแกนขนาด 36 นิ้ว อุปกรณ์จัดเรียงการไหลแบบ AMCA ที่มีอัตราส่วนความกว้างของช่อง W ต่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไฮดรอลิกต่อ D เท่ากับ 0.075 และอัตราส่วนความยาว L ต่อต่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไฮดรอลิกต่อ D เท่ากับ 0.45 และกังหันลมในแนวแกนแบบ 6 ใบขนาด 300W ติดตั้งอยู่ในท่อลมขนาด กว้าง 1.08 m ยาว 1.87 m สูง 1.08 m เพื่อศึกษาผลกระทบที่เกิดจากการหมุนวนของอากาศ (Swirl) จากพัดลมระบายอากาศที่ด้านขาออก (discharge) ต่อพลังงานที่กังหันลมสามารถผลิตได้เปรียบเทียบกับกรณีที่มีลมมีการไหลเป็นเส้นตรงในแนวแกนจากอุปกรณ์จัดเรียงการไหล AMCA เพื่อปรับปรุงรูปแบบของอุปกรณ์จัดเรียงการไหลแบบ AMCA ในการลดอิทธิพลของการหมุนวนต่อประสิทธิภาพกังหันและศึกษาผลกระทบของการติดตั้งอุปกรณ์จัดเรียงการไหลและกังหันลมต่อประสิทธิภาพของพัดลมระบายอากาศ

คำหลัก: ระบบกังหันลมผลิตไฟฟ้าจากพัดลมระบายอากาศ, กังหันลมในแนวแกน, อุปกรณ์จัดเรียงการไหลของอากาศ, วิธีพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ, การหมุนวนของอากาศ

Abstract

The aim of this study is to develop the exhaust fan energy recovery system by utilized micro-horizontal axis wind turbine (HAWT) installed at the discharge position of exhaust fan used in poultry house to generate electric power because the speed of wind generated from exhaust fan is rather high and steady, in contrast to the speed of wind in nature which is rather low and intermittent. The power

generated is used to reduce overall energy consumption. Flow of the recovery system is investigated by means of computational fluid dynamics (CFD) and experiment. The test bench consists of 36" axial fan, standard AMCA flow straightener with $W/D = 0.075$ and $L/D = 0.45$, and 300W, six-blades horizontal wind turbine assembled in a square duct with the cross-section of 1.8 m x 1.8 m and length 1.87 m. To reduce a negative impact due to swirl from exhaust fan and to increase wind turbine power, this research studies different configurations of the AMCA straightener to reduce swirling effect on turbine performance and the impact on fan performance.

Keywords: Exhaust Fan Energy Recovery System, Horizontal Axis Wind Turbine (HAWT), Straightener, Swirl

1. บทนำ

ลักษณะลมที่เกิดขึ้นในธรรมชาติตามการศึกษาพื้นที่ศักยภาพพลังงานลมในประเทศไทยของสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน พบว่าในประเทศไทยเป็นเขตที่มีความเร็วลมต่ำถึงปานกลาง ความเร็วลมเฉลี่ยต่ำกว่า 4 m/s ทำให้พื้นที่ที่เหมาะสมมีเพียงบริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลหรือตามเทือกเขาต่าง ๆ ซึ่งเหมาะกับการใช้งานกังหันลมที่มีขนาดใหญ่ (large commercial wind turbine) การติดตั้งกังหันลมขนาดเล็ก (micro wind turbine) ต้องการความเร็วลมที่สูงเพื่อผลิตไฟฟ้าได้อย่างเพียงพอและมีประสิทธิภาพรวมถึงต้องมีความเร็วลมที่สม่ำเสมอ

ขอบเขตงานวิจัยนี้เลือกใช้แหล่งลมที่มนุษย์สร้างขึ้น (artificial wind) จากพัดลมระบายอากาศในโรงเรือนเลี้ยงไก่เป็นต้นแบบในการพัฒนาระบบกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กจากพัดลมระบายอากาศ พัดลมที่นิยมใช้ในโรงเรือนเลี้ยงไก่เป็นพัดลมแนวแกน (axial fan) มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 50 นิ้ว ให้ความเร็วลมตามแนวแกน (axial velocity) ที่ 10 – 12 m/s [1] เหมาะสมในการผลิตไฟฟ้าจากกังหันลมอีกทั้งพัดลมระบายอากาศในโรงเรือนทำงานตลอด 24 ชั่วโมงต่อวันเป็นระยะเวลา 120 วันตามรอบวัฏจักรการเลี้ยงไก่ เพื่อสร้างสภาวะความสบายให้แก่ไก่ (comfort zone) และระบายก๊าซมีเทนที่เกิดจากมูลของไก่ ซึ่งเป็นการนำลมที่เสียเปล่า

(wastage wind) มาผลิตพลังงานไฟฟ้าป้อนกลับเข้าสู่สายการผลิตในการลดต้นทุนด้านพลังงานไฟฟ้าของโรงเรือนแบบปิดที่ถือเป็นสัดส่วนที่สูงที่สุดคิดเป็น 65% ของต้นทุนทั้งหมด [2] แต่ด้วยลักษณะการไหลของลมที่เกิดจากพัดลมแนวแกนเกิดการหมุนวน (swirl) และไม่สม่ำเสมอ (non-uniform flow) ส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์กำลังงาน (power coefficient) ของกังหันลมแกนนอนลดลงถึง 45.7% [3]

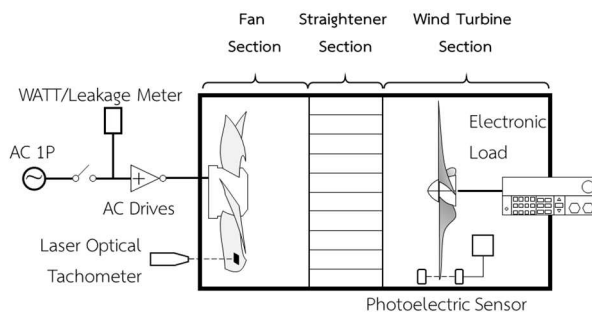
งานวิจัยชิ้นนี้เป็นการศึกษาการทำงานของระบบกังหันลมผลิตไฟฟ้าจากพัดลมระบายอากาศด้วย CFD จากโปรแกรมสำเร็จรูป ANSYS FLUENT ร่วมกับการทดลองจริงโดยใช้ลักษณะของอุปกรณ์จัดเรียงการไหลแบบ AMCA ตามมาตรฐาน ISO 5167-1:2003 ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสีย (loss coefficient, K) ต่ำที่สุด 0.25 และมีขนาดความยาว $0.45D$ มาปรับปรุงเพื่อหาแบบที่มีความเหมาะสมสำหรับนำไปใช้งาน

2. วิธีการ

2.1 การทดลอง

ผู้วิจัยได้ทำการสร้างชุดทดสอบที่มีลักษณะเป็นท่ออากาศแบ่งออกเป็น 3 ช่วง ได้แก่ fan section, straightener section และ wind turbine section ตามที่แสดงในรูปที่ 1 ท่ออากาศทำจากแผ่นเหล็กหนา 1.2 mm พับขึ้นรูปเป็นหน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด

กว้าง 1.08 m ยาว 1.08 m สูง 1.80 m ภายในติดตั้งพัดลมระบายอากาศแนวแกนขนาด 36 นิ้ว อุปกรณ์จัดเรียงการไหลแบบ AMCA และกังหันลมในแนวแกนแบบ 6 ใบ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 990 mm ผลิตไฟฟ้ากระแสตรง 12VDC กำลังไฟฟ้าที่สามารถผลิตได้สูงสุด 300 W ภายในชุดทดสอบผู้วิจัยได้ทำการติดตั้งเครื่องมือวัดดังที่แสดงในรูปที่ 1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมตัวแปรต้น ได้แก่ programmable DC electronics load นำมาใช้ในการปรับค่ากระแสไฟฟ้าของกังหันลมเพื่อหากำลังไฟฟ้าสูงสุดที่กังหันลมสามารถผลิตได้ AC drives นำมาควบคุมความถี่ (Hz) เพื่อปรับความเร็วรอบของพัดลม

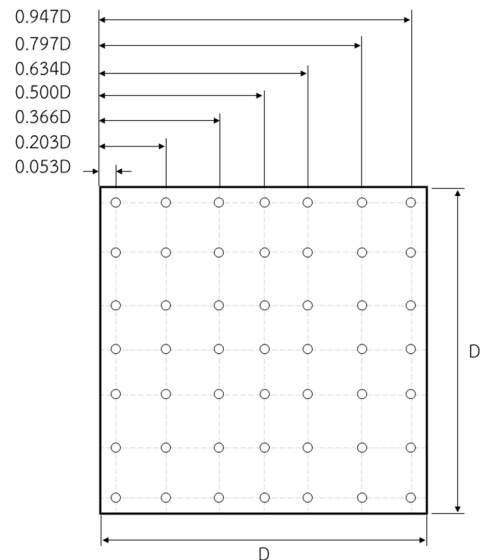


รูปที่ 1 แสดงแบบชุดทดสอบ

อัตราการไหลของพัดลมหาได้จากการวัดค่าความเร็วลม 49 จุด (7 x 7) แล้วนำมาคำนวณตามสมการ (1) ดังที่แสดงในรูปที่ 2 ติดตั้งตามมาตรฐาน ANSI/ASHRAE Standard 41.2-2018 Standard Methods For Air Velocity And Airflow Measurement

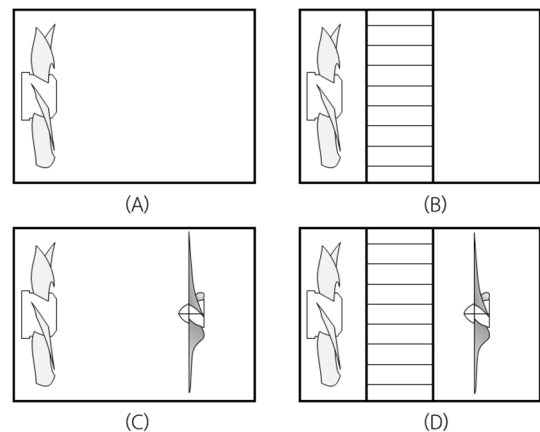
$$Q=AV \quad (1)$$

โดยที่ Q หมายถึงอัตราการไหล (m^3/s), A พื้นที่หน้าตัดท่ออากาศ (m^2) และ V คือความเร็วลมเฉลี่ยที่วัดได้ (m/s)



รูปที่ 2 ตำแหน่งวัดความเร็วลมแบบ log linear-traverse for rectangular ducts

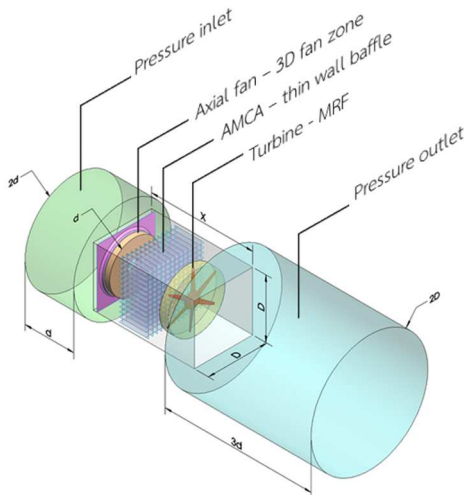
ในงานวิจัยนี้ได้แบ่งการทดลองออกเป็น 4 กรณีหลักๆ ได้แก่ (A) ติดตั้งพัดลมเพียงอย่างเดียว (B) ติดตั้งพัดลมและอุปกรณ์จัดเรียงการไหล (C) ติดตั้งพัดลมและกังหันลม และ (D) ติดตั้งพัดลม, อุปกรณ์จัดเรียงการไหล และกังหันลมเพื่อหากำลังไฟฟ้าสูงสุดที่สามารถทำได้



รูปที่ 3 แสดงเงื่อนไขการทดสอบที่ใช้ในงานวิจัย

2.2 พลศาสตร์การไหลเชิงคำนวณ

ลักษณะของโดเมนที่ใช้ในการวิเคราะห์แสดงตามรูปที่ 4 ที่ด้านทางเข้าของอากาศกำหนดเงื่อนไขแบบ pressure inlet ที่มีค่า static pressure เท่ากับ 0 Pa มีความยาวในทิศทาง $-x$ ยึดออกจากพัดลมเท่ากับ $1d$ (1 เท่าของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของพัดลม) และมีเส้นผ่าศูนย์กลางมีขนาด $2d$ ที่ด้านขาออกกำหนดเงื่อนไขขอบเขตแบบ pressure outlet ที่มีค่า static pressure เท่ากับ 0 Pa มีความยาวในทิศทาง $+x$ จากด้านปลายของท่ออากาศขนาด $3d$ และมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ $2D$



รูปที่ 4 แสดงขนาดของโดเมนและเงื่อนไขขอบเขต
กรณีศึกษาแบบ D

กักทันลมใช้ cell zone condition แบบ multiple reference frame (MRF) หมุนในทิศทาง $+x$ ตามกฎมือขวา แบบจำลองพัดลมแนวแกนใช้เทคนิค 3D Fan Zone [4] มีลักษณะเป็นรูปทรงวงแหวน (toroid-shaped) ที่สอดคล้องกับลักษณะทางกายภาพของพัดลมแนวแกน ดังที่แสดงในรูปที่ 5 สามารถทำนายการเกิด swirl และความเร็วในแนวรัศมีจากการคำนวณการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมทั้ง 3 ทิศทางตามสมการ (2-7)

การเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมแนวแกน :

$$S_a = \frac{\Delta P(Q)}{h} \quad (2)$$

การเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมแนวเส้นสัมผัส :

$$S_t = \begin{cases} \frac{2W_{fan}r}{C_1 |\Omega_{operating}|}; R_h < r \leq R_{ip} \\ \frac{2W_{fan}R_{ip}^2}{C_1 r |\Omega_{operating}|}; R_{ip} < r < R_t \end{cases} \quad (3)$$

การเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมแนวรัศมี :

$$S_r = \frac{\rho V \phi^2}{r} \quad (4)$$

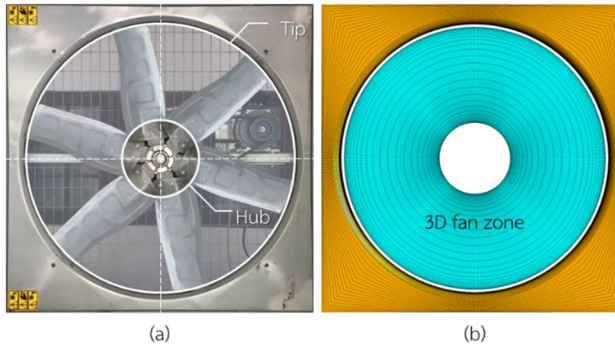
โดยที่ $\Delta P(Q)$ คือความดันที่เพิ่มขึ้นแปรผันตามอัตราการไหลของอากาศในแนวแกน h คือความหนาของวงแหวนที่เกิดจากการกวาดของใบรอบแกนหมุน W_{fan} คือพลังงานของพัดลม r คือระยะตามแนวรัศมีใด ๆ จากแกนหมุน $\Omega_{operating}$ คือความเร็วเชิงมุม ณ จุดทำงาน R_h คือรัศมีดุมของพัดลม R_{ip} คือรัศมีใบพัดลม ณ จุดที่มีการเปลี่ยนแปลงความเร็วตลอดใบพัดลม R_t คือรัศมีปลายใบของพัดลม ρ คือความหนาแน่นของอากาศ $V \phi$ คือความเร็วในเส้นสัมผัส ณ r ใด ๆ การเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมในแนวเส้นสัมผัสจำเป็นต้องนิยามตัวแปรอีก 3 ค่าเพื่อใช้ในการคำนวณ ดังนี้

$$W_{fan} = (v_{exit} a_{exit}) \Delta P(Q) \quad (5)$$

$$R_{ip} = R_h + (R_t - R_h) b_{ip} \quad (6)$$

$$C_1 = \pi h (R_{ip}^2 (2R_t^2 - R_{ip}^2) - R_h^4) \quad (7)$$

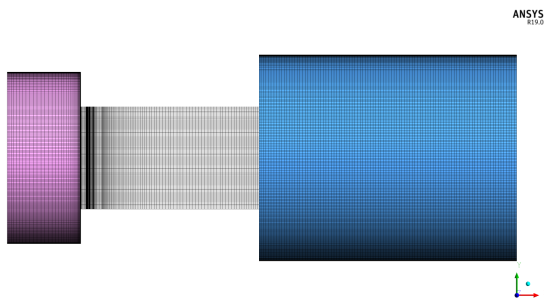
โดยที่ v_{exit} คือเวกเตอร์ความเร็วลมที่ออกจากพัดลม a_{exit} คือเวกเตอร์พื้นที่ที่อากาศไหลออกจากพัดลม b_{ip} คือค่า inflection point ratio ซึ่งมีค่าเท่ากับสัดส่วนของความยาวของใบต่อความยาว ณ จุดที่มีความเร็วสูงสุด



รูปที่ 5 ลักษณะของ 3D fan zone

กริดทั้งหมดในโดเมนเป็นเอลิเมนต์ 3 มิติทรงหกหน้า (hexagonal element) ดังแสดงในรูปที่ 6 สร้างด้วยโปรแกรม ICEM CFD ด้วยเทคนิค C-Grid แบ่งโดเมนขนาด 1/4 ออกเป็น block ย่อย ๆ แล้วทำการ copy periodic blocking เพื่อให้ได้โดเมนที่เป็นขนาดจริง

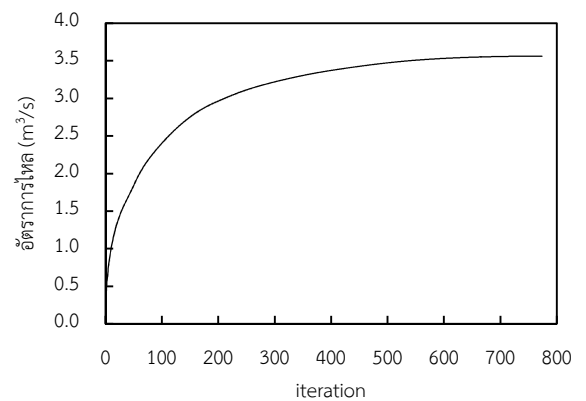
ในบริเวณใกล้ผนัง (near wall region) กำหนดค่า y^+ เท่ากับ 10 ทำให้ได้ค่าความสูงของขอบเขตชั้นแรก (first layer thickness) มีค่าเท่ากับ 1.003 mm อัตราการขยายกริดเท่ากับ 1.2 จำนวนเอลิเมนต์ที่ใช้ในการวิเคราะห์กรณีศึกษา A,B,C และ D มีจำนวนทั้งสิ้น 13,130,040 กริด, 13,179,676 กริด, 17,250,808 กริด และ 18,364,920 กริดตามลำดับ สมการความปั่นป่วนใช้เป็นสมการค่าเฉลี่ยเรโนลด์ (Reynolds Averaged Navier-Stokes ,RANS) ด้วยแบบจำลองความปั่นป่วนแบบ SST $k-\omega$ ที่ให้ผลลัพธ์ในกรณีที่มีการไหลแบบหมุนวนได้แม่นยำ [5]



รูปที่ 6 กริดที่ใช้ในการคำนวณ

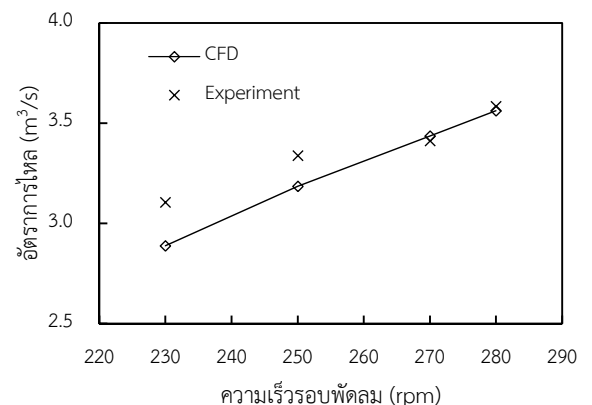
3. ผลลัพธ์และการวิจารณ์

งานวิจัยนี้ผู้วิจัยพิจารณาอัตราการไหลของพัดลมที่ส่งผลต่อการค่าพลังงานที่กังหันลมผลิตได้เป็นหลักโดยกำหนด criteria การลู่เข้าของผลลัพธ์ด้วยค่า residual ที่ 10^{-6} ในการคำนวณกรณีศึกษาแบบ A ที่ความเร็วรอบ 280 rpm ผลลัพธ์เกิดการลู่เข้าที่อัตราการไหล 3.58 m^3/s ใน iteration ที่ 774 ดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 6 การลู่เข้าของผลลัพธ์

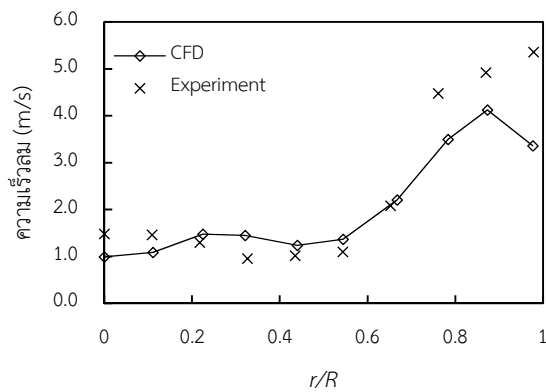
เมื่อนำค่าอัตราการไหลที่ได้จากการคำนวณมาเปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้จริงตามรูปที่ 7 กรณีศึกษาแบบ A ที่ความเร็วรอบพัดลม 230 rpm (35Hz), 250 rpm (40Hz), 270 rpm (45Hz) และ 280 rpm (50Hz) พบว่าที่ความเร็วรอบ 280 rpm ให้ค่าอัตราการไหลของอากาศจากการคำนวณแตกต่าง 0.56% จากที่วัดได้จริงและเมื่อลดความเร็วรอบลงอัตราการไหลพัดลมมีแนวโน้มลดลง



รูปที่ 7 ผลการคำนวณอัตราการไหลของพัดลม

ETM – 010

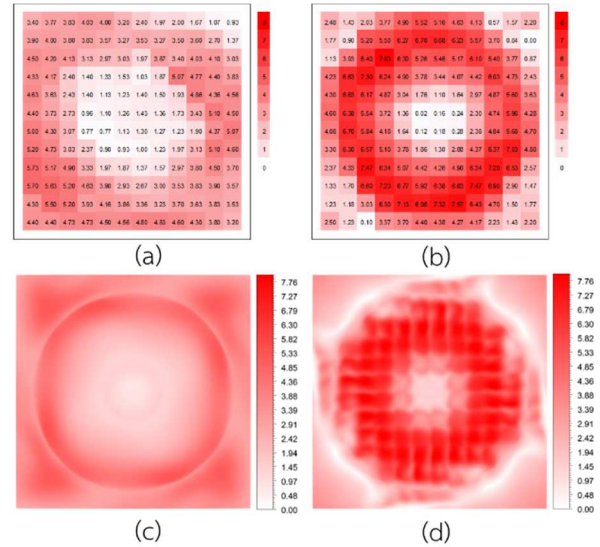
พฤติกรรมการกระจายตัวของความเร็วลมตามแนวรัศมีแสดงในรูปที่ 8 ช่วง r/R 0.00 – 0.54 ความเร็วลมมีค่าค่อนข้างต่ำก่อนที่จะเพิ่มสูงขึ้นบริเวณขอบท่อด้านข้าง ความเร็วลมสูงสุดที่วัดได้ 5.36 m/s ที่ระยะ r/R 0.98 ส่วนความเร็วลมสูงสุดที่คำนวณได้ 4.12 m/s ที่ระยะ r/R 0.87



รูปที่ 8 ผลการคำนวณการกระจายตัวของความเร็วลม

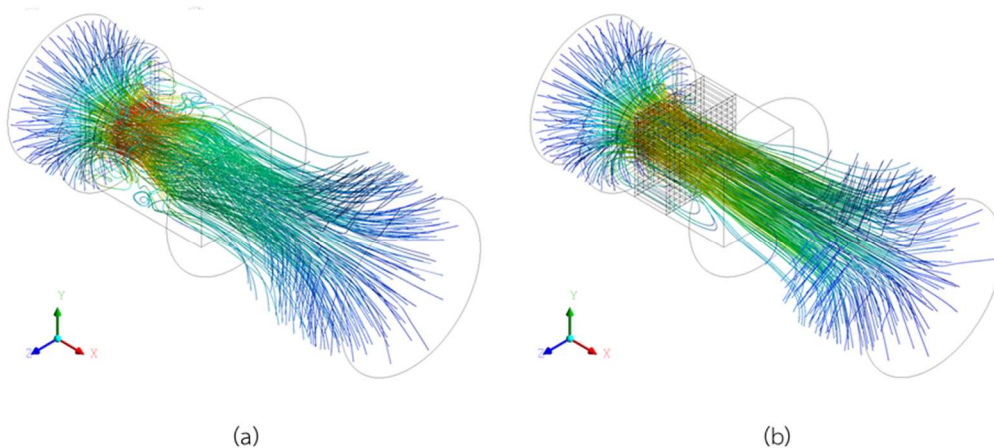
ผู้วิจัยได้ทำการวัดค่าความเร็วลมจำนวน 144 จุดตลอดพื้นที่หน้าตัดที่ระยะ $1D$ เพื่อสร้างแผนภูมิความเร็วลมในรูปที่ 9 พบว่าการกระจายตัวของความเร็วลมบริเวณกลางท่ออากาศแบบ A เป็นพื้นที่ความเร็วต่ำเปรียบเทียบกับแบบ B ที่มีค่าความเร็วลมเฉลี่ยสูงกว่าแบบ A 26.65% ความเร็วลมสูงสุดที่พบในแบบ A และ B

เท่ากับ 5.73 m/s และ 7.83 m/s ตามลำดับ สอดคล้องกับพฤติกรรมที่ได้จากการคำนวณในรูปที่ 9 (c) และ (d)



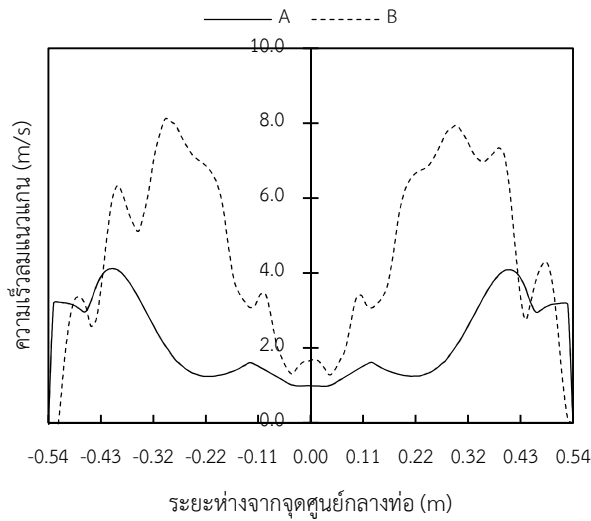
รูปที่ 9 การกระจายตัวของความเร็วลมที่ระยะ $1D$
(a) แบบ A จากการทดลอง (b) แบบ B จากการทดลอง
(c) แบบ A จากการคำนวณ (d) แบบ B จากการคำนวณ

ลมที่ไหลออกจากพัดลมเมื่อผ่านอุปกรณ์จัดเรียงการไหลมีการไหลที่ตรง (straight) และมีความเร็วลมในแนวแกนเพิ่มขึ้น 1.74 เท่าในขณะที่ความเร็วลมในแนวเส้นสัมผัสและแนวรัศมีลดลง 1.75 เท่าและ 5.32 เท่าตามลำดับดังรูปที่ 10-13

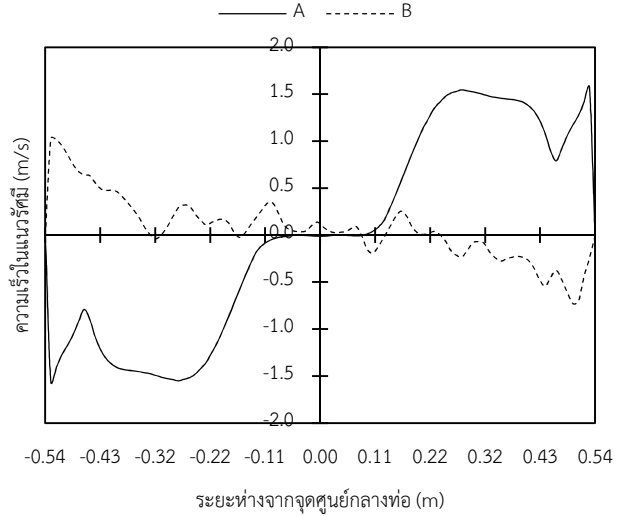


รูปที่ 10 แสดงพฤติกรรมการไหลของอากาศแบบ stream line (a) แบบ A (b) แบบ B

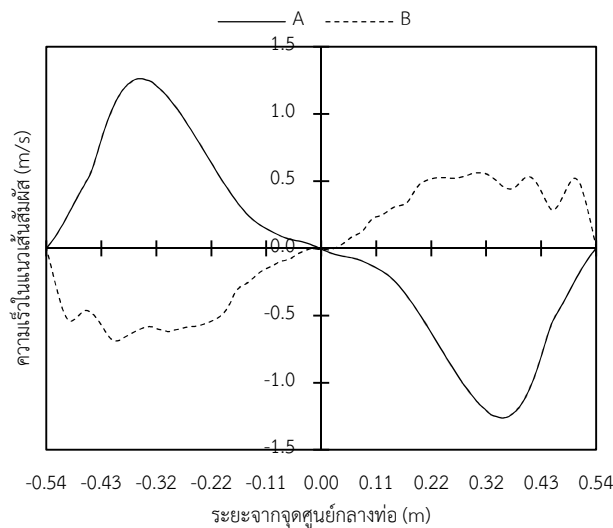
ETM - 010



รูปที่ 11 ความเร็วลมในแนวแกน

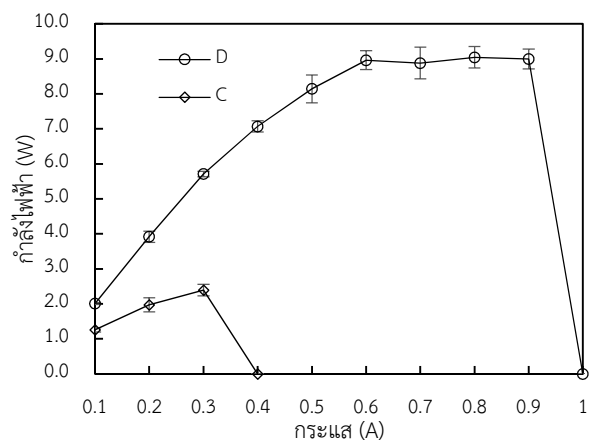


รูปที่ 12 ความเร็วลมในแนวรัศมี

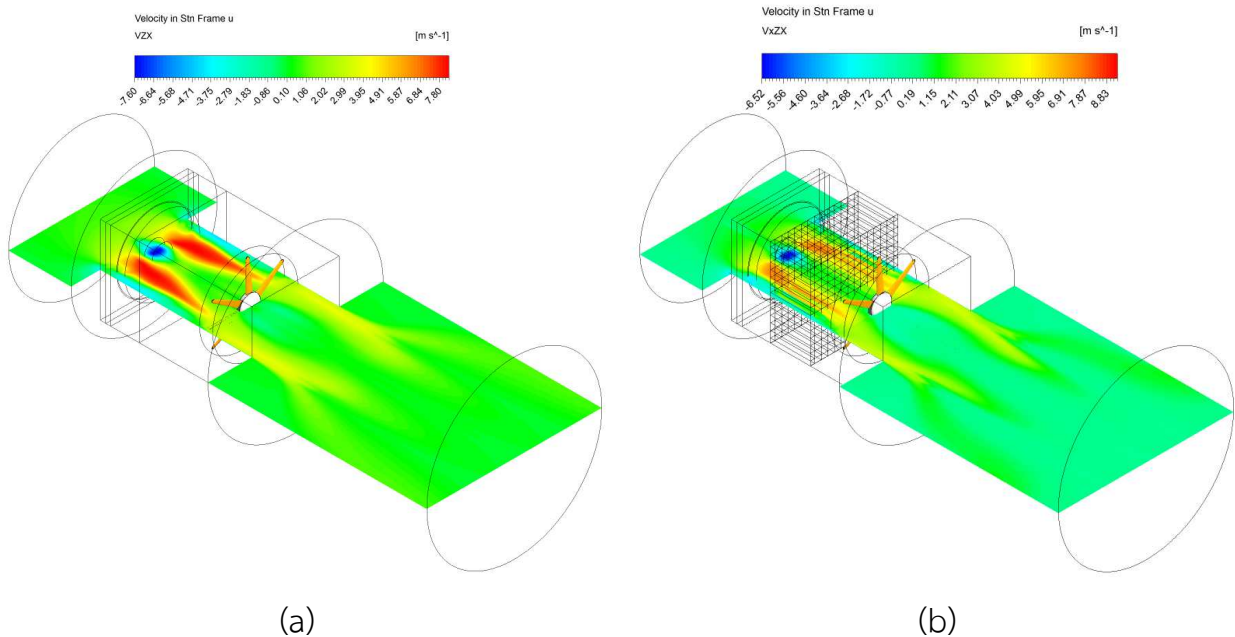


รูปที่ 13 ความเร็วลมในแนวเส้นสัมผัส

ค่ากำลังไฟฟ้าจากกังหันลมสูงสุดเปรียบเทียบแบบ C และ D ที่ระยะ 1D จากการวัดจริงพบว่าพลังงานสูงสุดที่กังหันลมสามารถทำได้แบบ C มีค่าเท่ากับ 2.39W ที่ 0.3A แบบ D มีค่าเท่ากับ 9.04 W ที่ 0.8 A ระบบที่มีการติดตั้งอุปกรณ์จัดเรียงการไหลสามารถผลิตพลังงานได้มากกว่าระบบที่ไม่ได้ติดตั้งอุปกรณ์จัดเรียงการไหล 3.78 เท่า ตามที่แสดงในรูปที่ 14 ในขณะที่ผลที่ได้จากการคำนวณแบบ C และ D มีค่าเท่ากับ 2.83W และ 15.06W ตามลำดับดังรูปที่ 15

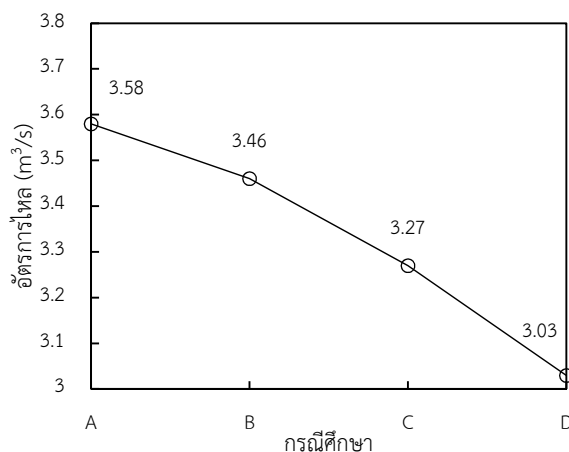


รูปที่ 14 พลังงานของกังหันลมที่วัดได้กรณี C และ D



รูปที่ 15 แสดง contour ของความเร็วอากาศในแนวแกนของ (a) แบบ C (b) แบบ D

อัตราการไหลของพัดลมจากการคำนวณลดลง เนื่องจากเกิดความดันตกคร่อมที่เพิ่มขึ้นจากการติดตั้งอุปกรณ์ที่ด้าน discharge ของพัดลมแนวแกนดังแสดงในรูปที่ 16 อัตราการไหลของพัดลมในกรณีแบบ B,C และ D เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีแบบ A ลดลง 3.4%, 8.7% และ 15.3% ตามลำดับ



รูปที่ 16 อัตราการไหลของพัดลมจากการคำนวณ

พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยของพัดลมที่วัดได้จาก Watt Leakage Power Meter มีค่าเท่ากับ 373.4 W เมื่อนำมาคำนวณประสิทธิภาพรวมของระบบที่คิดจากพลังงานที่กังหันลมสามารถผลิตได้หารด้วยพลังงานที่พัดลมใช้ตามสมการที่ (10)

$$EFF_{system} = \frac{P_{turbine}}{P_{fan}} \quad (10)$$

พบว่ากรณีศึกษาแบบ C และ D ให้ประสิทธิภาพรวมของระบบเท่ากับ 0.64% และ 2.42%

5. สรุป

งานวิจัยชิ้นนี้ทำการศึกษาการทำงานของระบบฯ โดยการใช้การทดลองร่วมกับวิธีการคำนวณในโปรแกรม ANSYS FLUENT ผู้วิจัยได้เลือกใช้แบบจำลอง 3D Fan Zone จำลองการไหลของพัดลมซึ่งให้ผลสอดคล้องกับค่าที่ได้จากการวัดจริง อัตราการไหลของพัดลมลดลง 15.3 % จากการติดตั้งอุปกรณ์จัดเรียงการไหลแบบ AMCA ร่วมกับกังหันลม การทดสอบกังหันลมในระบบที่ติดตั้งอุปกรณ์จัดเรียงการไหลแบบ AMCA ให้กำลังไฟฟ้า

มากกว่ากรณีที่ไม่มีการติดตั้ง 3.78 เท่าเนื่องจากอุปกรณ์จัดเรียงการไหลแบบ AMCA ช่วยการลดอิทธิพลของความเร็วลมในแนวเส้นสัมผัส 5.32 เท่าและเพิ่มความเร็วลมในแนวแกนมากขึ้น 1.72 เท่า อีกทั้งยังเป็นตัวบังคับทิศทาง การไหลของอากาศจากพัดลมเพื่อเพิ่มพื้นที่รับลมของกังหันลมไม่ให้เกิดการขยายออกของลำอากาศประสิทธิภาพรวมของระบบกรณีศึกษาแบบ C และ D ให้ประสิทธิภาพรวมของระบบเท่ากับ 0.64% และ 2.42% ตามลำดับ

สุดท้ายผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่างานวิจัยชิ้นนี้จะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาต่อยอด ปรับปรุงระบบฯ ให้สามารถนำมาใช้ในเชิงพาณิชย์ต่อไปในอนาคต

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาคีวิชาวิศวกรรมการบินและอวกาศ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ผศ.ดร.เวชพงษ์ ชูติชูเดช ที่ให้คำแนะนำในการทำวิจัยนี้

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] S.-W. Hong, I.-B. Lee, I.-H. Seo, J.P. Bitog and K.-S. Kwon (2013). Application of small-scale wind power system in livestock buildings, paper presented in the 1st International Symposium on CFD Applications in Agriculture 2013, pp. 265 - 272.
- [2] ชนาทิพย์ แป้นจันทร์และ จักรกฤษณ์ มหัจฉริยวงศ์ (2555). การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาดสำหรับการ

เลี้ยงไก่เนื้อในกระบวนการทำความเย็น, การประชุมวิชาการแห่งชาติ, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, ครั้งที่ 9, หน้า 520-526.

[3] M.A.Kotb and H.A.Soliman (1991). Performance analysis of horizontal-axis wind turbine under non-uniform flow with swirl, Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, vol. 37, August 1990, pp. 103-111.

[4] ANSYS Inc. (2015). Fluent Tutorial Guide, URL: https://www.sharcnet.ca/Software/Ansys/16.2.3/en-us/help/flu_ug/flu_ug_sec_bc_3_d_fan.html, access on 20/4/2019

[5] กัมพล อรนนท์ (2556). การทำนายพฤติกรรมสโตคติลิตี้ที่มุมปะทะสูงของใบพัดกังหันลมด้วยพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ, วิทยานิพนธ์, สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา

[6] Asis Sarkar and Dhiren Kumar Behera (2012). Wind Turbine Blade Efficiency and Power Calculation with Electrical Analogy, Scientific and Research Publications, vol. 2, February 2012.

[7] พวงทอง วัชรราชกูร์, วราภรณ์ สิงห์แก้วสืบ และสายนที ทรัพย์มี (2561). การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนโครงการลงทุนผลิตกระแสไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์, วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง, ปีที่ 7, ฉบับที่ 2, กรกฎาคม – ธันวาคม 2561, หน้า 89-100.