

การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตกำลังไฟฟ้าโดยใช้กังหันเพลตัน

*วีระพงษ์ กาญจนวงศ์กุล

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์

19/1 ถนนเพชรเกษม แขวงหนองค้างพลู เขตหนองแขม กรุงเทพฯ 10160

ติดต่อผู้เขียน: วีระพงษ์ กาญจนวงศ์กุล E-mail: kveepong@hotmail.com

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้นำเสนอการศึกษาการกำลังการผลิตไฟฟ้าจากใบกังหันเพลตันจำลองขณะหมุนรอบแกนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 200 mm โดยใช้ลมน้ำผ่านหัวฉีดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ 5, 7 และ 9 mm และทดสอบที่อัตราการไหล 5 ระดับ (17, 22, 27, 32 และ 37 ลิตร/นาที่) แสดงผลจากโรตารีเตอร์ จากการศึกษาเมื่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางหัวฉีดและอัตราการไหลเพิ่มขึ้น กรณีทดสอบแบบปราศจากโหลด (ภาระ) พบว่า การผลิตกำลังไฟฟ้า (DC Generator) และความเร็วรอบการหมุนเพลาจะแปรผันเพิ่มขึ้นตามกัน ขณะที่กรณีทดสอบแบบเพิ่มโหลด 3 ค่า (30, 40 และ 50 กรัม) พบว่า ทั้งการผลิตกำลังไฟฟ้าและความเร็วรอบการหมุนเพลาจะแปรผันลดลงตามกัน และจากการเปรียบเทียบผลทดสอบทั้งสองกรณีที่อัตราการไหล 5 ค่า พบว่า แบบปราศจากโหลดจะสามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้มากกว่าแบบเพิ่มโหลดที่ทุกค่าโหลดอย่างชัดเจน โดยแบบปราศจากโหลดผลิตกำลังไฟฟ้าที่ 17 และ 37 ลิตร/นาที่ ได้ในช่วง 103.20 – 176.06 วัตต์ (5 mm) และ 9.87 – 62.76 วัตต์ (9 mm) ขณะที่แบบเพิ่มโหลดผลิตกำลังไฟฟ้าได้ในช่วง $37.40^{Q17/L30g} - 23.20^{Q17/L50g}$ วัตต์ กับ $108.05^{Q37/L30g} - 95.44^{Q37/L50g}$ วัตต์ (5 mm) และในช่วง $8.78^{Q17/L30g} - 4.73^{Q17/L50g}$ วัตต์ กับ $49.87^{Q37/L30g} - 44.53^{Q37/L50g}$ วัตต์ (9 mm) และเป็นที่น่าสนใจได้ว่า ค่าความเร็วรอบแปรผันตามอัตราการไหลที่เพิ่มขึ้น และแปรผันลดลงตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางหัวฉีดที่เพิ่มขึ้น โดยอัตราการไหลเพิ่มขึ้นที่ 17 – 37 ลิตร/นาที่ จากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางหัวฉีดค่าเดียวกัน แนวโน้มการผลิตกำลังไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม จากผลการเปรียบเทียบขณะที่อัตราการไหลเพิ่มขึ้นที่เส้นผ่านศูนย์กลางหัวฉีดขนาดเล็กจะสามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้มากกว่าหัวฉีดขนาดใหญ่ และอัตราการไหลกับเส้นผ่านศูนย์กลางหัวฉีดเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการผลิตกำลังไฟฟ้าอย่างชัดเจน

คำสำคัญ: กำลังไฟฟ้า; กังหันเพลตัน; โรตารีเตอร์

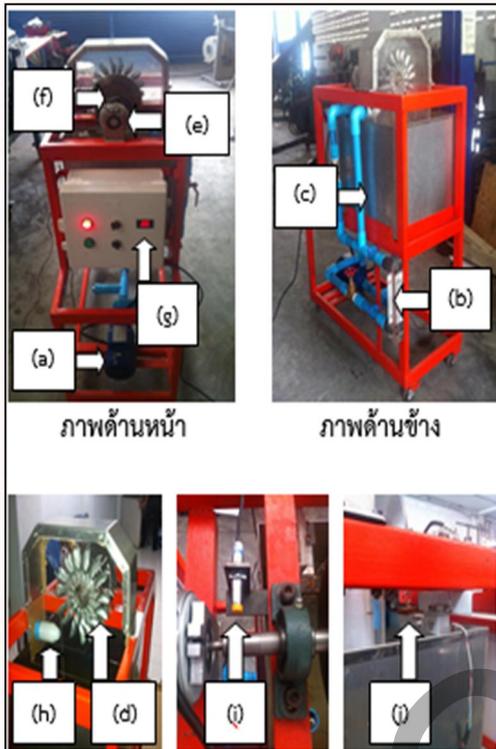
1. บทนำ

ปัจจุบันความต้องการพลังงานเพิ่มขึ้นทุกขณะ และแนวโน้มลดลงอย่างมากเนื่องจากหลายสาเหตุที่จำเป็นโดยสนองต่อความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี และมนุษย์ถือเป็นตัวการหลักทั้งภาคส่วนการใช้ และผลิตพลังงานทดแทนขึ้น ดังเช่น โซลาร์เซลล์ ซึ่งเป็นที่นิยมอย่างมากกับการผลิตไฟฟ้า นอกจากนี้ พลังงานอีกรูปแบบหนึ่งที่สามารถผลิตไฟฟ้าได้จากการใช้ประโยชน์ตามแหล่งน้ำ เขื่อน หรือระบบชลประทานภาคเกษตรที่มีปริมาณน้ำไหลผ่านโดยพลังงานกลจากการหมุนของกังหันผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้าได้ จากการหมุนของกังหันนั้นว่ามีผลต่อปริมาณการผลิตไฟฟ้าจึงต้องเลือกอย่างเหมาะสม แต่เนื่องจากกังหันมี หลายรูปแบบ อาทิ กังหันน้ำแบงกี (Banki turbine) กังหันเพลตัน (Pelton turbine) และกังหันเทอร์โก (Turgo turbine) ตามลำดับ [1,

2 และ 3] จากกังหันทั้งสามแบบนี้ กังหันแบบแรกไม่นิยมใช้แล้ว ส่วนแบบที่สองและสามเหมาะสำหรับการผลิตไฟฟ้าแต่แตกต่างกันเฉพาะระดับของหัวน้ำเท่านั้น และประสิทธิภาพการหมุนของวงล้อดีที่สุดเมื่อความเร็วการหมุนเป็นครึ่งหนึ่งของความเร็วลมน้ำที่ปะทะกับใบกังหัน [2] จากที่กล่าวการหมุนของกังหันเป็นประเด็นน่าสนใจต่อการศึกษา และกังหันเพลตันนิยมทดสอบในห้องปฏิบัติการเนื่องจากการติดตั้งระบบสะดวกกว่ากังหันเทอร์โกที่ประสิทธิภาพเทียบเคียงกัน โดยคาดว่าจะทราบผลการผลิตกำลังไฟฟ้าจากการหมุนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระแสตรง (DC Electric Generator) โดยใช้อัตราการไหลผลักดันลมน้ำผ่านหัวฉีดขนาดเล็กปะทะกับใบกังหันเพลตันที่จำลองขึ้น

3. อุปกรณ์และวิธีการ

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง



รูปที่ 1 ส่วนประกอบโครงสร้างของเครื่องทดสอบ กำลังการผลิตไฟฟ้าโดยใช้กังหันเพลตตัน (a) ปั๊มน้ำ (b) โรตารีมอเตอร์ (c) ระบบท่อและวาล์ว (d) ใบกังหัน (e) เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระแสตรง (f) ล้อถ่วงมวล (g) ระบบไฟฟ้าและส่วนแสดงสถานะกำลังการผลิตไฟฟ้า (h) หัวฉีดน้ำ (i) พร็อกซิมิตี้ที่เพลลาโรเตอร์และ (j) โหลดเซลล์ ตามลำดับ

จากรูปที่ 1 แสดงเครื่องทดสอบการผลิตกำลังไฟฟ้าโดยใช้กังหันเพลตตัน การทดสอบกำหนดอัตราการไหลน้ำภายในท่อผลิตต้นลำน้ำผ่านรูหัวฉีด (1-h) ขนาดเล็กปะทะกับใบกังหันเพลตตันที่จำลองขึ้น ผลการหมุนของใบกังหันเพลตตันที่จำลองขึ้น (1-d) เมื่อต่อกับเพลลาโรเตอร์เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (1-e) เป็นอุปกรณ์ที่แปลงพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า ซึ่งการเหนี่ยวนำของแม่เหล็ก (ไมเคิล ฟาราเดย์) เกิดขึ้นได้จากการเคลื่อนที่ของขดลวดตัวนำผ่านสนามแม่เหล็ก หรือการเคลื่อนที่แม่เหล็กผ่านขดลวดตัวนำจะทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นในขดลวดตัวนำนั้น [8] ในที่นี้การปรับเปลี่ยนความถี่ของไฟฟ้าที่ผลิตขึ้นอยู่กับความเร็วรอบเพลลาขณะหมุนและจำนวนขั้วแม่เหล็กไฟฟ้าที่สร้างขึ้นบนเพลลาโรเตอร์ด้วย โดยสามารถคำนวณความเร็วรอบเพลลาได้จากสมการ [4]

$$N = \frac{120f}{p} \quad \dots(1)$$

หรือคำนวณความเร็วรอบเพลลาได้จากการปรับรูปกำลังการผลิตไฟฟ้าจะได้สมการใหม่เป็น [9]

$$N = \frac{60 P}{2 \pi T} = \frac{60 (V)(I)}{2 \pi T} \quad \dots(2)$$

โดยที่

f = ความถี่ไฟฟ้า, Hz.

p = จำนวนขั้วแม่เหล็ก

P = กำลังไฟฟ้า (P = VI), w.

V = แรงดันไฟฟ้า, volt.

I = กระแสไฟฟ้า, amp.

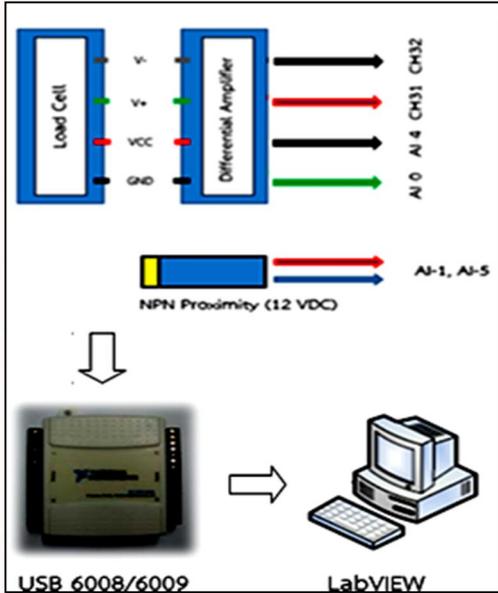
T = โมเมนต์บิดที่ศูนย์กลางใบกังหัน, Nm.

N = ความเร็วรอบเพลลา, rpm

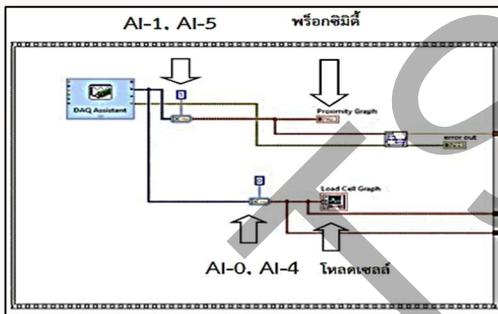
การทดสอบระบบการผลิตไฟฟ้าใช้ใบกังหันเพลตตันที่จำลองขึ้นขณะหมุนรอบแกนเพลลาของล้อถ่วง (1-f) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 200 mm โดยใช้ลำน้ำผ่านหัวฉีดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ 5, 7 และ 9 mm ที่ตำแหน่งเส้นผ่านศูนย์กลางลำน้ำฉีด 175 mm และทดสอบที่อัตราการไหล 5 ระดับ แสดงผลจากโรตารีมอเตอร์ (1-b) สำหรับการวัดปริมาณการผลิตไฟฟ้าทางด้านเข้า (input) ทดสอบทั้งแบบปราศจากโหลดถ่วง (มวลหรือภาระ) และแบบเพิ่มโหลดไม่เกิน 50 กรัม (30, 40 และ 50 กรัม) ใช้โหลดเซลล์แบบแบ่ง (1-j) รับค่าแรงดึงจากล้อถ่วงมวลโดยต่อเข้ากับแอมพลิไฟเออร์ที่อัตราขยาย 1085 [5] ส่วนค่าความเร็วรอบเพลลาใช้พร็อกซิมิตี้ (1-i) เป็นตัวตรวจจับและส่งค่าเข้าดาต้าแอ็กคิวซิชั่น USB 6009/6008 [6] ซึ่งจะแสดงผลและบันทึกค่าด้วยโปรแกรมแล็ปวิวที่พัฒนาขึ้น สำหรับค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้าทางด้านออก (output) จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแสดงผลสถานะที่จอมอนิเตอร์แบบตัวเลข (1-g) ตามลำดับ



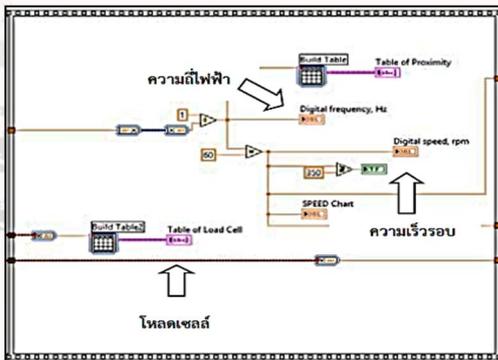
โปรแกรมและการทดสอบ



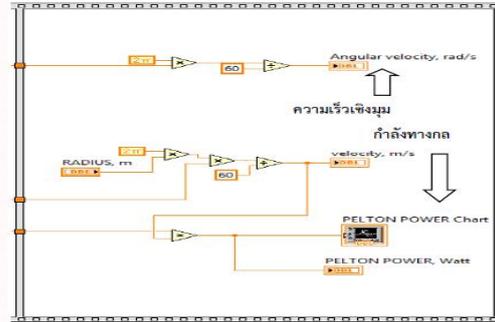
รูปที่ 2 การเตรียมอุปกรณ์สำหรับการรับและส่งค่าจากดาต้าแอกคิวซิชั่นแสดงผลด้วยโปรแกรมแล็บวิว



(3-a) การเชื่อมต่อกับ DAQ Assistant ที่ AI-0, AI-4 กับ AI-1, AI-5 และแสดงผลกราฟโหลดเซลล์กับ พร็อกซิมิตี้ช่วงที่หนึ่ง



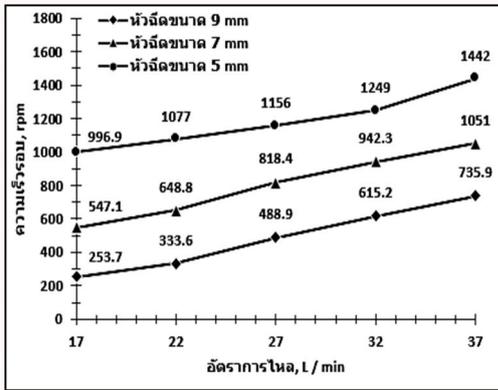
(3-b) แสดงผลกราฟความเร็วรอบและตารางค่าภาระหรือโหลดจากมวลที่ 30, 40 และ 50 กรัม ช่วงที่สอง



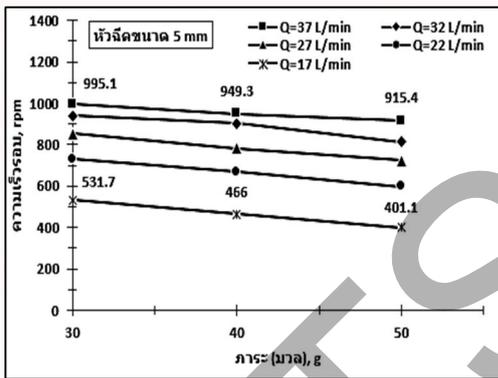
(3-c) แสดงผลกราฟความเร็วเชิงมุมและกำลังของ ใบกังหันเพลดันที่จำลองขึ้น ช่วงสุดท้าย
รูปที่ 3 บล็อกไดอะแกรมโปรแกรมแล็บวิวสำหรับการรับค่าจากผลตอบสนองของโหลดเซลล์และพร็อกซิมิตี้

จากรูปที่ 2 และ 3 แสดงการเตรียมอุปกรณ์ทดสอบโดยใช้โหลดเซลล์กับพร็อกซิมิตี้และบล็อกไดอะแกรมที่พัฒนาขึ้นเป็นส่วนการรับค่าขณะต่อกับดาต้าแอกคิวซิชั่น (USB 6008/6009) [6 และ 9] จากการเชื่อมต่อกับ DAQ Assistant ที่ AI-0, AI-4 กับ AI-1, AI-5 โดยการทดสอบนี้แสดงผลและบันทึกค่าด้วยโปรแกรมแล็บวิวที่พัฒนาขึ้น กำหนดลำน้าผ่านหัวฉีดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ 5, 7 และ 9 mm ทดสอบที่อัตราการไหล 5 ระดับ (17, 22, 27, 32 และ 37 ลิตร/นาที่) และทดสอบทั้งแบบปราศจากโหลดและแบบเพิ่มโหลด 3 ค่า (30, 40 และ 50 กรัม) การทดสอบเริ่มต้นที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางหัวฉีด 5 mm อัตราการไหลค่าแรกที่ 17 ลิตร/นาที่ ทั้งแบบปราศจากโหลดและเพิ่มโหลดที่ 30, 40 และ 50 กรัม ตามลำดับ และบันทึกค่าแรงดันกับกระแสไฟฟ้าทางด้านออก (output) จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระแสตรงแสดงผลสถานะที่จอมอนิเตอร์แบบตัวเลข (1-g) จากนั้นปรับอัตราการไหลค่าต่อไปและกระทำซ้ำเช่นเดิมภายหลังการทดสอบครั้งแรกเสร็จทำการปรับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางหัวฉีดใหม่ที่ 7 mm และ 9 mm ตามลำดับ และทดสอบตามขั้นตอนเดิมเช่นเดียวกับการทดสอบครั้งแรก โดยภายหลังการทดสอบนี้ นำผลทดสอบที่ได้พลอตกราฟเปรียบเทียบและสร้างสมการทางคณิตศาสตร์เพื่อแสดงคุณลักษณะเฉพาะจากการทดสอบต่อไป

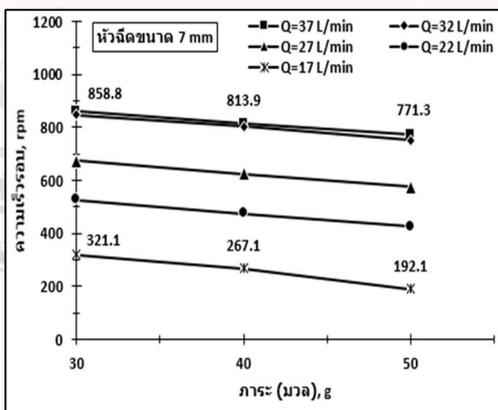
4. ผลทดสอบและการอภิปราย



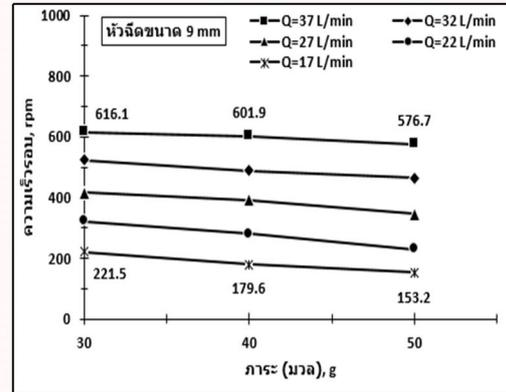
รูปที่ 4 การเปรียบเทียบค่าความเร็วรอบจากใบกังหันเพลตตันที่จำลองขึ้นโดยทดสอบแบบปราศจากโหลดที่อัตราการไหลและหัวฉีดลำน้ำขนาดแตกต่างกัน



รูปที่ 5 การเปรียบเทียบค่าความเร็วรอบจากใบกังหันเพลตตันที่จำลองขึ้นโดยใช้หัวฉีดลำน้ำขนาด 5 mm ทดสอบแบบเพิ่มโหลดที่อัตราการไหลแตกต่างกัน



รูปที่ 6 การเปรียบเทียบค่าความเร็วรอบจากใบกังหันเพลตตันที่จำลองขึ้นโดยใช้หัวฉีดลำน้ำขนาด 7 mm ทดสอบแบบเพิ่มโหลดที่อัตราการไหลแตกต่างกัน



รูปที่ 7 การเปรียบเทียบค่าความเร็วรอบจากใบกังหันเพลตตันที่จำลองขึ้นโดยใช้หัวฉีดลำน้ำขนาด 9 mm ทดสอบแบบเพิ่มโหลดที่อัตราการไหลแตกต่างกัน

จากผลการบันทึกของโปรแกรมแล็ปวิวและ พล็อตกราฟแสดงดังรูปที่ 4 ถึง 7 ซึ่งทดสอบทั้งแบบปราศจากโหลดและแบบเพิ่มโหลดที่ 30, 40 และ 50 กรัม จากรูปที่ 4 แสดงค่าความเร็วรอบจากผลการหมุนของใบกังหันเพลตตัน โดยทดสอบแบบปราศจากโหลด ที่อัตราการไหลและหัวฉีดลำน้ำขนาดแตกต่างกัน พบว่า เมื่อลำน้ำไหลผ่านหัวฉีดขนาด 5 mm ปะทะกับใบกังหันเพลตตัน ค่าความเร็วรอบเพิ่มขึ้นและมากกว่าหัวฉีดขนาด 7 และ 9 mm ขณะปรับเปลี่ยนค่าอัตราการไหล 5 ระดับ จากค่าที่ 17, 22, 27, 32 และ 37 ลิตร/นาที่ ตามลำดับ และจากรูปที่ 5 ถึง 7 แสดงค่าความเร็วรอบจากผลการหมุนของใบกังหันเพลตตัน โดยใช้ลำน้ำผ่านหัวฉีดขนาด 5, 7 และ 9 mm ที่ค่าอัตราการไหลแตกต่างกัน 5 ระดับ ขณะปรับเปลี่ยนเพิ่มโหลดที่ 30, 40 และ 50 กรัม ตามลำดับ พบว่า ค่าความเร็วรอบจำแนกออกเป็นชั้นอย่างชัดเจนดังรูปที่ 7 สำหรับหัวฉีดขนาด 9 mm ที่ทุกค่าอัตราการไหลและยกเว้นหัวฉีดขนาด 5 และ 7 mm ดังรูปที่ 5 และ 6

จากรูปที่ 5 กับ 6 การทดสอบหัวฉีดลำน้ำขนาด 5 และ 7 mm ค่าความเร็วรอบจะแยกออกเป็นชั้นเฉพาะที่ค่าอัตราการไหล 17, 22 และ 27 ลิตร/นาที่ ขณะที่ค่าอัตราการไหล 32 และ 37 ลิตร/นาที่ ค่าความเร็วรอบเทียบเคียงกัน ซึ่งเป็นไปได้ว่าจากผลทดสอบนี้ค่าอัตราการไหลกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางหัวฉีดเป็นปัจจัยที่สามารถส่งผลต่อค่าความเร็วรอบเช่นกัน และที่ค่าอัตราการไหลสูง ความเร็วการฉีดของลำน้ำจะสูงตามกันขณะหัวฉีดลำน้ำคั่งที่ และเส้นผ่านศูนย์กลางหัวฉีดขนาดเล็กสามารถเพิ่มค่าความเร็วรอบได้ ขณะเดียวกันผลการปรับเปลี่ยนค่าอัตราการไหลและการเพิ่มโหลดแสดงดังรูปที่ 5 ถึง 7 แนวโน้มค่าความเร็วรอบสามารถแปรผันลดลง



ได้เนื่องจากผลของแรงดึงขณะสัมผัสหรือแรงเสียดทานกับล้อจากการตรวจจับของโหลดเซลล์ที่กระทำบนล้อถ่วงมวลขณะหมุนรอบและการตรวจจับของพรีอ็อกซิมีตีที่เพลารอเตอร์ (รูปที่ 1-f) และจากผลทดสอบนี้เป็นไปได้ตามทฤษฎีเมื่อจำนวนรอบมากขึ้น ความถี่ไฟฟ้าก็จะยิ่งสูง (ยิ่งมีจำนวนขั้วแม่เหล็กมากเท่าไร ความถี่ไฟฟ้าก็จะมากขึ้นตาม) แสดงตามตารางที่ 1 และในทางตรงข้ามแสดงตามตารางที่ 2 [4] (รูปที่ 3-b) โดยค่าอัตราการไหลกับเส้นผ่านศูนย์กลางหัวฉีดเป็นปัจจัยที่สามารถส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของค่าความเร็วรอบและความถี่ไฟฟ้าอย่างชัดเจน

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบค่าความถี่ไฟฟ้าจากความเร็วรอบการหมุนของใบกังหันเพลตันเมื่อปรับอัตราการไหลโดยทดสอบแบบปราศจากโหลด

อัตราการไหล (L / min)	ความถี่ไฟฟ้า (Hz) จากการหมุนขณะลำนํ้าไหลผ่านหัวฉีดปะทะกับใบกังหันเพลตัน		
	d = 5 mm	d = 7 mm	d = 9 mm
17	16.61	9.11	4.23
22	17.95	10.81	5.56
27	19.26	13.64	8.15
32	20.81	15.70	10.25
37	24.03	17.51	12.26

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบค่าความถี่ไฟฟ้าจากความเร็วรอบการหมุนของใบกังหันเพลตันเมื่อปรับอัตราการไหลโดยทดสอบแบบเพิ่มโหลด

อัตราการไหล (L / min)	ความถี่ไฟฟ้า (Hz) จากการหมุนขณะลำนํ้าไหลผ่านหัวฉีดปะทะกับใบกังหันเพลตัน		
	โหลด, L=30 g	โหลด, L=40 g	โหลด, L=50 g
เส้นผ่านศูนย์กลางหัวฉีด, d = 5 mm			
17	8.86	7.76	6.68
22	12.18	11.12	9.93
27	14.21	13.03	12.06
32	15.67	15.04	13.56
37	16.58	15.82	15.25
เส้นผ่านศูนย์กลางหัวฉีด, d = 7 mm			
17	5.35	4.45	3.20
22	8.79	7.92	7.11
27	11.23	10.40	9.58
32	14.09	13.39	12.54
37	14.31	13.56	12.85
เส้นผ่านศูนย์กลางหัวฉีด, d = 9 mm			
17	3.69	2.99	2.55
22	5.37	4.68	3.83
27	6.92	6.54	5.75
32	8.74	8.16	7.74

อัตราการไหล (L / min)	ความถี่ไฟฟ้า (Hz) จากการหมุนขณะลำนํ้าไหลผ่านหัวฉีดปะทะกับใบกังหันเพลตัน		
	โหลด, L=30 g	โหลด, L=40 g	โหลด, L=50 g
เส้นผ่านศูนย์กลางหัวฉีด, d = 5 mm			
37	10.27	10.03	9.61

หมายเหตุ: ผลจากตารางที่ 1 และ 2 ค่าความถี่ไฟฟ้าใช้พรีอ็อกซิมีตี (1-i) เป็นตัวตรวจจับโดยส่งค่าเข้าตาต้าแอ็กคิวซิชั่นแสดงสถานะและปรับสมการบล็อกโดยเอกรวมโปรแกรมแล็บวิว (รูปที่ 3-b)

จากการเปรียบเทียบค่าความถี่ไฟฟ้าแสดงตามตารางที่ 1 และ 2 พบว่า สอดคล้องกับผลการทดสอบดังรูปที่ 4 ถึง 7 ทั้งแบบปราศจากโหลดและเพิ่มโหลดโดยเส้นผ่านศูนย์กลางหัวฉีดขนาด 5 mm ทั้งค่าความเร็วรอบและค่าความถี่ไฟฟ้ามากกว่าเส้นผ่านศูนย์กลางหัวฉีดขนาด 7 และ 9 mm ตามลำดับ

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าจากความเร็วรอบการหมุนของใบกังหันเพลตันเมื่อปรับอัตราการไหลโดยทดสอบแบบปราศจากโหลด

อัตราการไหล (L / min)	กำลังไฟฟ้า (w) จากการหมุนขณะลำนํ้าไหลผ่านหัวฉีดปะทะกับใบกังหันเพลตัน		
	d = 5 mm	d = 7 mm	d = 9 mm
17	103.20/ 2.00	45.54/ 1.32	9.87/ 0.71
22	116.62/ 2.09	63.47/ 1.64	16.11/ 0.89
27	139.17/ 2.16	89.21/ 1.87	30.96/ 1.24
32	159.65/ 2.34	105.84/ 1.98	46.33/ 1.43
37	176.06/ 2.42	118.15/ 2.13	62.76/ 1.68

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าจากความเร็วรอบการหมุนของใบกังหันเพลตันเมื่อปรับอัตราการไหลโดยทดสอบแบบเพิ่มโหลด

อัตราการไหล (L / min)	กำลังไฟฟ้า (w) จากการหมุนขณะลำนํ้าไหลผ่านหัวฉีดปะทะกับใบกังหันเพลตัน		
	โหลด, L=30 g	โหลด, L=40 g	โหลด, L=50 g
เส้นผ่านศูนย์กลางหัวฉีด, d = 5 mm			
17	37.40/ 1.36	30.10/ 1.21	23.20/ 1.11
22	64.09/ 1.70	55.36/ 1.60	47.21/ 1.48
27	82.03/ 1.89	73.44/ 1.80	64.94/ 1.70
32	101.86/ 2.05	95.39/ 1.97	85.18/ 1.94
37	108.05/ 2.09	102.79/ 2.06	95.44/ 1.98
เส้นผ่านศูนย์กลางหัวฉีด, d = 7 mm			



อัตราการไหล (L / min)	กำลังไฟฟ้า (w) จากการหมุนขณะลำนํ้าไหลผ่านหัวฉีดปะทะกับใบกังหันเพลตัน		
	ไหล, L=30 g	ไหล, L=40 g	ไหล, L=50 g
เส้นผ่านศูนย์กลางหัวฉีด, d = 5 mm			
17	17.07/ 0.97	12.35/ 0.84	7.28/ 0.65
22	38.22/ 1.37	32.64/ 1.28	27.26/ 1.18
27	57.87/ 1.63	52.24/ 1.55	44.38/ 1.46
32	84.80/ 1.91	77.46/ 1.84	70.27/ 1.77
37	85.76/ 1.92	78.63/ 1.85	72.50/ 1.79
เส้นผ่านศูนย์กลางหัวฉีด, d = 9 mm			
17	8.78/ 0.72	6.34/ 0.61	4.73/ 0.53
22	16.87/ 0.97	13.55/ 0.88	10.32/ 0.77
27	25.86/ 1.16	23.31/ 1.11	19.46/ 1.03
32	38.08/ 1.37	34.19/ 1.31	31.24/ 1.26
37	49.87/ 1.53	47.85/ 1.49	44.53/ 1.43

หมายเหตุ: ผลจากตารางที่ 3 และ 4 ค่ากำลังไฟฟ้า/กระแสไฟฟ้า ได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระแสตรง (output)

จากการเปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าแสดงตามตารางที่ 3 และ 4 พบว่า แนวโน้มการผลิตกำลังไฟฟ้าไปในทิศทางเดียวกับผลทดสอบแสดงตามตารางที่ 1 และ 2 ทั้งแบบปราศจากไหลและเพิ่มไหล โดยที่เส้นผ่านศูนย์กลางหัวฉีดขนาด 5 mm สามารถผลิตค่ากำลังไฟฟ้าได้มากกว่าเส้นผ่านศูนย์กลางหัวฉีดขนาด 7 และ 9 mm ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม จากการทดสอบนี้เป็นที่สังเกตได้ว่าแบบเพิ่มไหลผลของแรงเสียดทานกับล้อย่างมวลขณะหมุนรอบที่เพลารอเตอร์เป็นประเด็นหนึ่งซึ่งส่งผลนำไปสู่พฤติกรรมการผลิตกำลังไฟฟ้าแปรผันขึ้นลงขณะทดสอบและแตกต่างจากแบบปราศจากไหลที่การหมุนของเพลารอเตอร์สม่ำเสมอ และพบว่า เมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้น กำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้น และกระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้นด้วย ขณะที่แรงดันไฟฟ้าลดลง [7] (สมการ 2, P = VI) นอกจากนี้สังเกตได้ว่าเมื่ออัตราการไหลเพิ่มขึ้น แนวโน้มกระแสไฟฟ้าเทียบเคียงกัน ดังเช่น ที่อัตราการไหล 32 และ 37 ลิตร/นาที่ สำหรับเส้นผ่านศูนย์กลางหัวฉีดขนาด 5 และ 7 mm (ยกเว้นขนาด 9 mm) แสดงว่าที่อัตราการไหลสูงและเส้นผ่านศูนย์กลางหัวฉีดขนาดเล็กมีผลต่อการแปรผันค่ากระแสไฟฟ้าน้อยมาก

ตารางที่ 5 สมการทางคณิตศาสตร์การเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้า (P) จากความเร็วรอบการหมุนของใบกังหันเพลตันเมื่อปรับอัตราการไหล (Q) โดยทดสอบแบบปราศจากไหล

เส้นผ่านศูนย์กลางหัวฉีด, mm	สมการทางคณิตศาสตร์
5	$P = 3.775Q + 37.015, R^2 = 0.9945$

เส้นผ่านศูนย์กลางหัวฉีด, mm	สมการทางคณิตศาสตร์
7	$P = 3.7518Q - 16.857, R^2 = 0.9875$
9	$P = 2.72Q - 40.234, R^2 = 0.9799$

ตารางที่ 6 สมการทางคณิตศาสตร์การเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้า (P) จากความเร็วรอบการหมุนของใบกังหันเพลตันเมื่อปรับอัตราการไหลโดยทดสอบแบบเพิ่มไหล (L)

เส้นผ่านศูนย์กลางหัวฉีด, mm	อัตราการไหล (L / min)	สมการทางคณิตศาสตร์ (ไหล: L= 30, 40 และ 50 g)
5	17	$P = -0.71L + 58.633, R^2 = 0.9997$
	22	$P = -0.844L + 89.313, R^2 = 0.9996$
	27	$P = -0.8545L + 107.65, R^2 = 1$
	32	$P = -0.834L + 127.5, R^2 = 0.9835$
	37	$P = -0.6305L + 127.31, R^2 = 0.9909$
7	17	$P = -0.4895L + 31.813, R^2 = 0.9996$
	22	$P = -0.548L + 54.627, R^2 = 0.9999$
	27	$P = -0.6745L + 78.477, R^2 = 0.9981$
	32	$P = -0.7265L + 106.57, R^2 = 1$
	37	$P = -0.663L + 105.48, R^2 = 0.9981$
9	17	$P = -0.2025L + 14.717, R^2 = 0.9862$
	22	$P = -0.3275L + 26.68, R^2 = 0.9999$
	27	$P = -0.32L + 35.677, R^2 = 0.9864$
	32	$P = -0.342L + 48.183, R^2 = 0.9937$
	37	$P = -0.267L + 58.097, R^2 = 0.9806$

หมายเหตุ: ผลจากตารางที่ 5 และ 6 ค่าสัมประสิทธิ์จากสมการทางคณิตศาสตร์ (ค่าบวก) แสดงเส้นแนวโน้มเพิ่มขึ้น และ (ค่าลบ) แสดงเส้นแนวโน้มลดลง

จากผลทดสอบตามตารางที่ 3 และ 4 โดยสร้างสมการทางคณิตศาสตร์แสดงคุณลักษณะเฉพาะตามตารางที่ 5 และ 6 พบว่า มีความเป็นเชิงเส้นสูงเทียบเท่าที่ค่า $R^2 = 1$ และเป็นไปได้ที่จะใช้เป็นตัวแทนของการผลิตกำลังไฟฟ้าโดยใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระแสตรงได้ทั้งแบบปราศจากไหลและเพิ่มไหล โดยที่เส้นผ่านศูนย์กลางหัวฉีดขนาด 5 mm



สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้มากกว่าเส้นผ่านศูนย์กลาง หัวฉีดขนาด 7 และ 9 mm ตามลำดับ และจากการเปรียบเทียบผลทดสอบทั้งสองกรณีที่อัตราการไหล 5 ระดับ พบว่าแบบปราศจากโหลดจะสามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้มากกว่าแบบเพิ่มโหลดที่ทุกค่าโหลดอย่างชัดเจน (ตารางที่ 3 และ 4) โดยแบบปราศจากโหลดผลิตกำลังไฟฟ้าที่อัตราการไหล 17 และ 37 ลิตร/นาที่ ได้ในช่วง 103.20 – 176.06 วัตต์ (5 mm) และ 9.87 – 62.76 วัตต์ (9 mm) ขณะที่แบบเพิ่มโหลดผลิตกำลังไฟฟ้าได้ในช่วง 37.40^{Q17/L30g} – 23.20^{Q17/L50g} วัตต์ กับ 108.05^{Q37/L30g} – 95.44^{Q37/L50g} วัตต์ (5 mm) และในช่วง 8.78^{Q17/L30g} – 4.73^{Q17/L50g} วัตต์ กับ 49.87^{Q37/L30g} – 44.53^{Q37/L50g} วัตต์ (9 mm) จากผลทดสอบนี้จึงเป็นประเด็นสำคัญที่อธิบายได้ว่า ตัวแทนของระบบจำลองใบกังหันเพลตันที่จำลองขึ้นมีแนวโน้มที่สามารถนำไปใช้กับแหล่งน้ำตามธรรมชาติ ได้โดยปริมาณน้ำไหลที่ไหลผ่านปะทะกับใบกังหัน และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้โดยปรับรูปจากพลังงานกลเนื่องจากผลการหมุนตามทิศทางการไหล แหล่งน้ำ ซึ่งนับว่าเป็นประโยชน์ต่อการนำระบบชลประทานภาคเกษตรมาใช้ประโยชน์อย่างคุ้มค่าอันเป็นการส่งเสริมการอนุรักษ์ธรรมชาติและ การเพิ่มพลังงานทางเลือกส่วนหนึ่งด้วย

5. สรุป

จากผลการศึกษาการผลิตกำลังไฟฟ้าจากใบกังหันเพลตันที่จำลองขึ้น โดยใช้ลำน้ำผ่านหัวฉีดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ 5, 7 และ 9 mm และทดสอบที่อัตราการไหลจาก 17 ถึง 37 ลิตร/นาที่ การเปรียบเทียบผลทดสอบทั้งสองกรณีพบว่าแบบปราศจากโหลดจะสามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้มากกว่าแบบเพิ่มโหลดที่ทุกค่าโหลดอย่างชัดเจน โดยแบบปราศจากโหลดผลิตกำลังไฟฟ้าที่อัตราการไหล 17 และ 37 ลิตร/นาที่ ได้ในช่วง 103.20 – 176.06 วัตต์ (5 mm) และ 9.87 – 62.76 วัตต์ (9 mm) ขณะที่แบบเพิ่มโหลดผลิตกำลังไฟฟ้าได้ในช่วง 37.40^{Q17/L30g} – 23.20^{Q17/L50g} วัตต์ กับ 108.05^{Q37/L30g} – 95.44^{Q37/L50g} วัตต์ (5 mm) และในช่วง 8.78^{Q17/L30g} – 4.73^{Q17/L50g} วัตต์ กับ 49.87^{Q37/L30g} – 44.53^{Q37/L50g} วัตต์ (9 mm) จากผลทดสอบนี้ขณะที่อัตราการไหลเพิ่มขึ้นที่เส้นผ่านศูนย์กลางหัวฉีดขนาดเล็กจะสามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้มากกว่าหัวฉีดขนาดใหญ่ และเมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้นกำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้น กระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้นด้วย นอกจากนี้พบว่าแนวโน้มกระแสไฟฟ้าเทียบเคียงกันที่ค่าอัตราการไหลสูงขึ้น

โดยเส้นผ่านศูนย์กลางหัวฉีดขนาดเล็กมีผลต่อการแปรผันค่ากระแสไฟฟ้าน้อยมากตามช่วงอัตราการไหลจากค่าอัตราการไหลเริ่มต้นจนถึงค่าอัตราการไหลสูงสุด และแสดงว่าค่าอัตราการไหลกับเส้นผ่านศูนย์กลางหัวฉีดเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการผลิตกำลังไฟฟ้าอย่างชัดเจน

6. เอกสารอ้างอิง

เว็บไซต์

- [1] http://en.wikipedia.org/wiki/Cross-flow_turbine
- [2] http://en.wikipedia.org/wiki/Pelton_wheel
- [3] http://en.wikipedia.org/wiki/Turgo_turbine
- [4] <http://www.knovel.com>
- [5] <http://www.thaieasyelec.com>
- [6] <http://www.ni.com>
- [7] <http://www.electricaleasy.com>

7. บทความจากวารสาร

- [1] Navid Goudarzi (June 2013), "A Review on the Development of the Wind Turbine Generators across the World", International Journal of Dynamics and Control (Springer) 1 (2): 192–202, doi: 10.1007/s40435-013-0016-y, URL: <http://th.wikipedia.org/wiki>, access on 29/12/2014.

หนังสือ

- [1] วีระพงษ์ กาญจนวงศ์กุล (2556). การวัดและเครื่องมือวัด. สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์.