

การทดสอบประสิทธิภาพของกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กแบบ แกนตั้งที่ขับเคลื่อนโดยน้ำที่เก็บสะสมไว้บนอาคาร

Performance Testing of Vertical Axis Micro Water Turbine Generator for Driven of Available Storage Water on Building

วีระยุทธ หล้าอมรชัยกุล

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก

Werayoot Lahamornchaiyakul

Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering,

Rajamangala University of Technology Lanna Phitsanulok Campus, 65000, Thailand

E-mail: werayoot_rmutl@hotmail.com

บทคัดย่อ

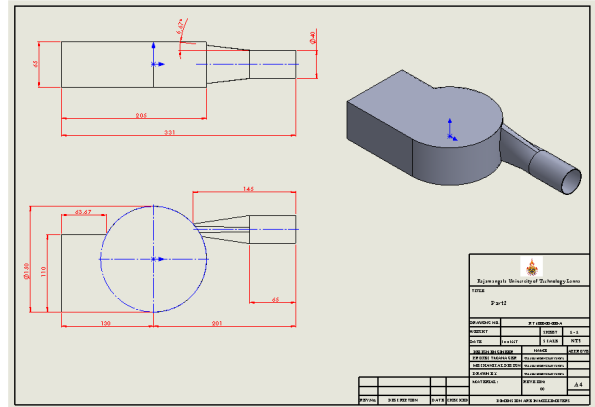
การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการไหลของน้ำที่กักเก็บไว้บนอาคารที่มีการเปลี่ยนรูปพลังงานจลน์ของน้ำให้กลายเป็นพลังงานกลเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งให้เห็นถึงการใช้ประโยชน์จากพลังงานที่มีเหลืออยู่ ซึ่งเป็นรูปแบบของพลังงานทดแทน โดยที่กำลังงานตลอดจนประสิทธิภาพที่ได้จะมีการแปรเปลี่ยนไปตามตัวแปรต่างๆ และทำการประเมินประสิทธิภาพการทำงานของกังหันน้ำขนาดเล็กผลิตกระแสไฟฟ้าระบบแกนตั้ง ที่ได้ทำการออกแบบเพื่อติดตั้งสำหรับใช้งานจริงในชุมชน ซึ่งระบบการออกแบบได้เริ่มต้นจากการออกแบบรูปทรงของชุดกังหันน้ำ ได้แก่ช่องทางน้ำเข้าที่ทำมุม 45 องศา โวลูตน้ำ และวงล้อกังหันน้ำ จากนั้นก็สร้างต้นแบบเพื่อทำการติดตั้ง สำหรับใช้เป็นต้นแบบในการศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อผลผลิตกระแสไฟฟ้าจากแหล่งน้ำขนาดเล็กในชุมชน กังหันน้ำที่ได้สร้างขึ้นมา เพื่อทำการทดสอบจริง ได้ผลทดสอบโดยติดตั้งเครื่องม้าวัดแรงบิดและรอบการหมุน ซึ่งกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าแบบแกนตั้งที่ทดสอบ ได้แรงบิดจริงประมาณ 4.18 นิวตัน.เมตร ที่ความเร็วรอบการหมุน 601 รอบต่อนาที และได้พลังงานไฟฟ้าสูงสุด 263 วัตต์

ABSTRACT

The objective of this study was to study change of kinetic energy in water flow from a storage kept in a building into mechanical energy for power generation. A vertical-type micro water turbine was designed and installed for testing in a community. The geometries such as the water inlet part at 45°, volute and wheel of the turbine were designed and prototype was constructed and tested. It angle be found that the torque was about 4.18 N.m at rotational speed of 601 rpm. The maximum power output was 263 W.

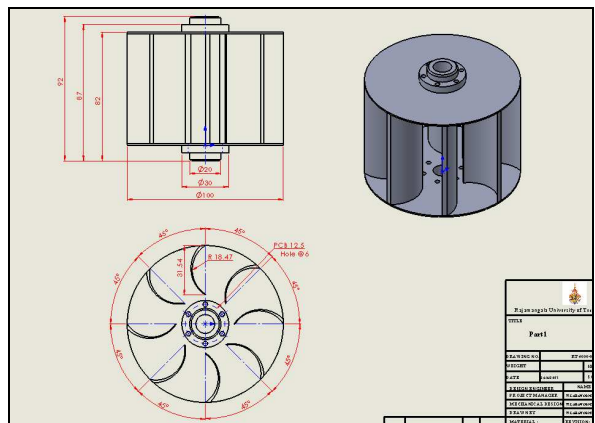
1. บทนำ

น้ำที่ไหลในธรรมชาติ มีอยู่หลายรูปแบบทั้งที่เกิดจากฝนที่ตกกระทบพื้นดินที่เอียงแล้วทำให้เกิดการไหลตลอดจนน้ำตกที่เกิดจากตาน้ำในธรรมชาติแล้วมารวมเป็นลำน้ำขนาดใหญ่แล้วไหลผ่านโคดหินตกลงสู่ที่ต่ำ ที่เรียกว่าน้ำตก น้ำที่ไหลในลักษณะต่างๆ ล้วนแต่มีพลังงานจลน์เกิดขึ้นทั้งหมด ซึ่งพลังงานที่เกิดขึ้นนี้จะขึ้นอยู่กับค่าความเร็วของลำน้ำที่ไหลและจำนวนมวลการไหลของลำน้ำที่เกิดขึ้น นอกจากนี้ที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติแล้ว การนำน้ำที่เกิดจากแหล่งอื่นมาใช้ประโยชน์ โดยนำน้ำที่ได้จากการเหลือใช้ ซึ่งได้แก่ น้ำที่ใช้ในการชำระล้างต่างๆ ที่ได้จากแหล่งที่อยู่อาศัย โรงงานอุตสาหกรรม โรงพยาบาล [1] โคนนำมาทำการกักเก็บไว้ในถังพักน้ำที่มีระดับความสูงของโครงสร้างถึงและค่าระดับของหัวน้ำที่เหมาะสม หลังจากนั้นก็นำมาใช้ประโยชน์โดยการปล่อยน้ำให้เคลื่อนที่จากถังพักน้ำมาทำการขับเคลื่อนล้อกังหันน้ำที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์กำเนิดไฟฟ้าเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าต่อไป ซึ่งอาจจะได้ค่าพลังงานไฟฟ้าที่น้อย แต่ก็ยังสามารถนำมาใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าขนาดเล็กได้ อาทิเช่น หลอดไฟฟ้าที่กินไฟฟ้าน้อย เครื่องสูบน้ำสำหรับตู้เลี้ยงปลา พัดลมขนาดเล็ก หรืออาจจะทำการจัดเก็บไฟฟ้าที่ผลิตได้ลงสู่แบตเตอรี่เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในด้านอื่นๆ ซึ่งการหันมาให้ความสนใจรูปแบบของพลังงานทดแทน เพื่อลดสภาพปัญหาทางด้านพลังงานที่เกิดขึ้นในสภาวะการณ์ในปัจจุบัน ทั้งในเรื่องของราคาน้ำมันที่แพงขึ้น ปัญหาโลกร้อนขึ้น รวมไปถึงปัจจัยอื่นๆที่ส่งผลให้เกิดสภาวะเรือนกระจกที่ส่งผลไปทั่วโลก [2] ด้วยเหตุผลดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงได้หันมามองถึงความสำคัญในการใช้พลังงานทดแทนจากแหล่งน้ำต่างๆ แล้วนำมาใช้ประโยชน์ให้มากที่สุด ซึ่งน้ำเป็นแหล่งพลังงานที่มีจำนวนมากและให้กำลังงานที่สูงเมื่อนำมาเปลี่ยนรูปพลังงาน ซึ่งเครื่องจักรกังหันน้ำขนาดเล็กผลิตไฟฟ้าแบบแนวแกนตั้งที่ได้สร้างขึ้นในงานวิจัยนี้ จะมีลักษณะเป็นแบบโครงสร้างโดยมีการหุ้มวงล้อกังหันน้ำไว้ที่เรียกว่า โวลูตน้ำ ดังรูปที่ 1 กังหันน้ำที่ได้สร้างขึ้นมีขนาดที่เล็กสามารถสร้างได้ง่ายและสะดวกในการจัดหาวัสดุใน



รูปที่ 1 แบบ โครงสร้างโวลูตน้ำที่ออกแบบ

การสร้าง ส่วนการติดตั้งสามารถทำได้ง่ายเนื่องจากมีชิ้นส่วนประกอบไม่ซับซ้อน ตัววงล้อใบพัดทำด้วยท่อเหล็กมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แบบ โครงสร้างวงล้อกังหันน้ำที่ออกแบบ

และมีผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับการทดสอบประสิทธิภาพของกังหันน้ำแบบแกนตั้งดังนี้

เสรษฐา สมจิตต์ชอบ และคณะ (2551) [3] ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพกังหันน้ำแกนตั้งแบบลดแรงเสียดทานซึ่งเหมาะสมสำหรับสภาพการไหลช้าของลำน้ำในคลองชลประทาน โดยกังหันน้ำมีลักษณะเป็นแกนตั้งซึ่งสามารถตั้งใบพัดขึ้นเพื่อรับพลังงานการไหลเมื่ออยู่ในทิศทางการไหลของกระแสน้ำและสามารถพับใบลงเมื่อหมุนไปอยู่ในทิศทางทวนกระแสน้ำ ผลจากการศึกษาและทดสอบพบว่า กังหันน้ำแกนตั้งที่ประกอบไปด้วยใบพัด 8

ใบ จะให้ประสิทธิภาพมากที่สุด ค่าพลังงานสูงสุดที่คำนวณได้ คือ 59% และได้พลังงาน 17.39 วัตต์ ที่ความเร็วลำน้ำ 1.25 เมตรต่อวินาที

สิทธิพร ไหญุรณาศศ (2550) [4] ได้ศึกษาเกี่ยวกับการนำน้ำทิ้งที่ได้กักเก็บเอาไว้บนอาคารมาทำการเปลี่ยนรูปพลังงานให้เป็นพลังงานกล เพื่อให้เห็นถึงประโยชน์จากพลังงานที่ยังมีเหลืออยู่ ซึ่งเป็นรูปแบบของพลังงานทดแทน ผลจากการศึกษาและวิจัยพบว่า ได้กำลังงานถ่ายเทที่สูงขึ้น แต่ความเร็วรอบของกังหันที่ต่ำลงเมื่อใช้หัวฉีดที่มีขนาดที่ใหญ่ขึ้น ได้กำลังงานถ่ายเทที่สูงขึ้นตามตำแหน่งของมุมใบพัดและตำแหน่งการเปิดของวาล์ว

อีลีหะยะ สนิโซ และคณะ (2554) [5] ได้ทำการศึกษาแหล่งพลังงานทดแทน และนำมาประยุกต์ใช้กับกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก งานวิจัยนี้มุ่งเน้นไปทางด้าน การออกแบบระบบการทำงานโดยใช้มอเตอร์เครื่องซักผ้าขนาด 800-1,000 วัตต์ เป็นแหล่งกำเนิดไฟฟ้า ผลที่ได้จากการวิจัย พบว่า สามารถผลิตไฟฟ้าได้สูงสุด 217 โวลต์ ความถี่ 48 เฮิรตซ์ ความเร็วรอบ 650 รอบต่อนาที ซึ่งใช้ได้กับหลอดไฟฟ้าขนาด 40-60 วัตต์

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 อุปกรณ์

- 1) ชุดกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กแบบแกนตั้ง
- 2) บอลล์วาล์ว (Ball Valve)
- 3) เครื่องวัดความเร็วรอบการหมุน
- 4) เครื่องวัดกระแสไฟฟ้า
- 5) เครื่องวัดแรงบิด (Torque Meter)

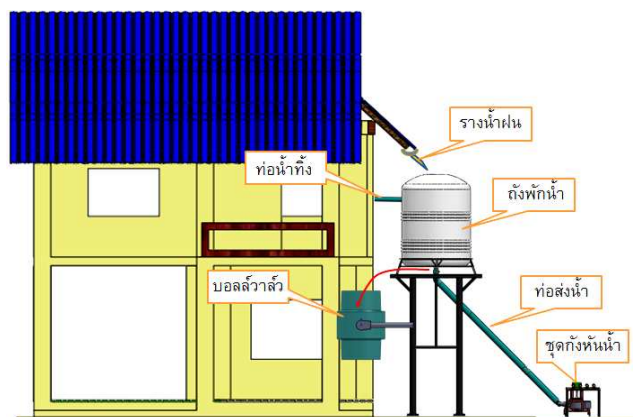
โดยมีรายละเอียดทาง โครงสร้างและองค์ประกอบโดยรวมของกังหันน้ำขนาดเล็กผลิต ไฟฟ้าแบบแกนตั้ง ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 องค์ประกอบ โดยรวมของกังหันน้ำขนาดเล็กผลิตไฟฟ้าแบบแกนตั้ง

2.2 ขั้นตอนการวิจัย

ขั้นตอนของการศึกษาวิจัย เป็นส่วนหนึ่งของเนื้อหาที่มีความสำคัญมาก เพราะจะรวบรวมเนื้อหาและรายละเอียดของข้อมูลงานวิจัยที่มีความสำคัญ ทั้งในส่วนของการติดตั้งชุดอุปกรณ์ เครื่องมือวัดต่างๆ เข้ากับชุดกังหันน้ำขนาดเล็กผลิตไฟฟ้าแบบแกนตั้ง แสดงถึงลักษณะองค์ประกอบการศึกษาวิจัยตามรูปที่ 4



รูปที่ 4 แบบจำลององค์ประกอบในการศึกษาและวิจัย

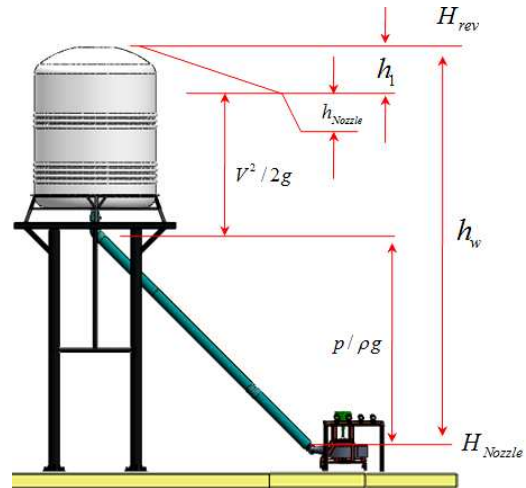
ว.หล้าอมรชัยกุล

และมีขั้นตอนในการศึกษาและทำการวิจัยดังนี้

- 1) ทำการทดสอบโดยติดชุดอุปกรณ์กักน้ำผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กแบบแกนตั้งเข้ากับชุดโครงสร้างถังน้ำที่ระดับความสูง 5 เมตรน้ำ
- 2) ติดหัวเจ็ทน้ำ (หัวฉีดน้ำ) ขนาด 35 มิลลิเมตร เข้าที่ปลายท่อโดยเชื่อมกับชุดโวลตุ่น้ำ
- 3) เปิดบอลวาล์วให้น้ำไหลออกจากถังมาตามท่อส่งน้ำ
- 4) คำนวณหาค่าระดับความเร็วของลำน้ำ, อัตราการไหลของน้ำ
- 5) วัดหาค่าความเร็วรอบการหมุนของล้อกังหันน้ำเพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์หาค่าพลังงานที่ตัวกังหันน้ำได้รับจากน้ำและประสิทธิภาพทางชลศาสตร์การไหลของน้ำผ่านกังหันตามทฤษฎี
- 6) ทำการวัดค่าแรงบิดจากเครื่องวัดแรงบิด
- 7) ทำซ้ำตามข้อ 1-5 โดยทำการปรับเปลี่ยนหัวเจ็ทน้ำใหม่เป็น 35, 40 และ 50 มิลลิเมตร
- 8) ทำการวิเคราะห์ผล
- 9) สรุปผลการทดสอบและประเมินสมรรถนะทางกลของกังหันน้ำ

3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาวิจัยนี้ ได้แก่ กฎความคล้ายคลึงและตัวแปรไร้มิติของกังหัน กฎและสมการพื้นฐาน [6] กังหันน้ำผลิตไฟฟ้าแบบแกนตั้งที่ได้สร้างขึ้นนี้เป็นกังหันน้ำขนาดเล็กที่สามารถทำงานได้ดีกับค่าระดับของความสูงของหัวน้ำที่ต่ำและขนาดปานกลาง ซึ่งอยู่ระหว่าง 5-10 เมตรน้ำ จากงานวิจัยนี้ยังจะแสดงถึงองค์ประกอบการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบการทำงาน ดังรูปที่ 5 ซึ่งจะแสดงค่าตัวแปรที่สำคัญในการประเมินผลทางภาคทฤษฎีตลอดจนสมการที่ใช้ในการวิเคราะห์กำลังงานและประสิทธิภาพของกังหันน้ำ



รูปที่ 5 องค์ประกอบการวิเคราะห์ประสิทธิภาพ

3.1 กฎความคล้ายคลึงและตัวแปรไร้มิติของกังหันน้ำ

ตามกฎความคล้ายคลึงของเครื่องจักรกลของไหล ได้กำหนดเส้นกราฟคุณลักษณะจนได้กราฟของเครื่องจักรที่มีการออกแบบต่างกันจำนวนมาก และจะเลือกใช้เส้นกราฟเหล่านี้สำหรับเป็นตัวเลือกการออกแบบเครื่องจักรตามการใช้งานที่ต้องการ ซึ่งระบบการออกแบบจะมีจุดเดียวกันในเส้นกราฟที่ให้ค่ากำลังงานและประสิทธิภาพสูงสุด สำหรับในเรื่องของคุณลักษณะของกังหันน้ำที่ออกแบบ จะเลือกพิจารณาหาความเร็วรอบการหมุน กำลังงานที่ได้ส่งออกและอัตราการไหลภายใต้หัวพลังงาน 1 หน่วย ที่มีค่าประสิทธิภาพคงที่ [1] เช่น เมื่อทำการทดสอบกังหันภายใต้ค่าของหัวพลังงาน H_1 และค่าความเร็วรอบ N_1 ซึ่งจากกฎความคล้ายคลึงสำหรับกังหันที่อยู่ภายใต้ค่าของหัวพลังงาน H_2 จะมีค่าความเร็วรอบการหมุน N_2 จะได้

$$\frac{H_1}{N_1^2} = \frac{H_2}{N_2^2} \quad \text{หรือ} \quad N_2 = N_1 \left(\frac{H_2}{H_1} \right)^{1/2}$$

ถ้า $H_2 = 1$ แล้วจะได้

$$N_2 = \frac{N_1}{H_1^{1/2}} = N_u \quad (1)$$

และในทำนองเดียวกันก็จะได้ค่าของอัตราส่วนการไหลของน้ำและกำลังงานสำหรับค่าหัวพลังงาน 1 หน่วย

$$Q_u = \frac{Q}{H^{1/2}} \quad (2)$$

$$\dot{W}_u = \frac{\dot{W}}{H^{3/2}} \quad (3)$$

จากความสัมพันธ์ค่าสัมประสิทธิ์ไร้มิติหรือที่เรียกว่า ค่าสัมประสิทธิ์หัวของพลังงาน จะได้

$$\psi = \frac{gH}{N^2 D^2} \quad (4)$$

และค่าสัมประสิทธิ์กำลังงานจะได้

$$\bar{W} = \frac{\dot{W}}{\rho N^3 D^5} \quad (5)$$

จะได้ $D = \frac{(gH/\psi)^{1/2}}{N}$ แทนลงในค่าสัมประสิทธิ์กำลังงาน จะได้

$$\bar{W} = \frac{\dot{W}}{\rho N^3 D^5} = \frac{\dot{W} N^5 \psi^{5/2}}{\rho N^3 (gH)^{5/2}} = \frac{\dot{W} N^2 \psi^{5/2}}{\rho (gH)^{5/2}}$$

หรือ

$$\left(\frac{\bar{W}}{\psi^{5/2}} \right)^{1/2} = \frac{N \dot{W}^{1/2}}{\rho^{1/2} (gH)^{5/4}} = \text{ค่าคงที่} \quad (6)$$

และจากการที่ได้แทนค่ากำลังงาน, $\dot{W} = \rho g Q H$ ลงในสมการที่ (6) จะได้

$$\frac{NQ^{1/2}}{(gH)^{3/4}} = \frac{\phi_D^{1/2}}{\psi_D^{3/4}} = \text{ค่าคงที่} \quad (7)$$

ค่าคงที่ที่ได้นี้ เรียกว่า ค่าความเร็วจำเพาะไร้มิติของกังหันน้ำ (Dimensionless Specific Speed of Water Turbine), N_s ซึ่งเป็นค่าของตัวแปรที่ใช้ในการออกแบบ ซึ่งจะบ่งบอกถึงชนิดของเครื่องจักรกลการไหลที่ควรจะใช้ สำหรับค่าความเร็วรอบการหมุน (N), หัวพลังงาน (H) และค่าอัตราการไหล (Q) ที่เป็นอยู่ ซึ่งค่าของตัวแปรทั้ง 3 นี้ รวมถึงค่าของกำลังงาน (\dot{W}) จะต้องถูกนำมาใช้ในการออกแบบรูปทรงของกังหันน้ำ เพื่อใช้เลือกแบบกังหันน้ำได้อย่างเหมาะสมต่อสภาพการทำงานจริง ซึ่งจะให้ค่าประสิทธิภาพการทำงานที่สูง

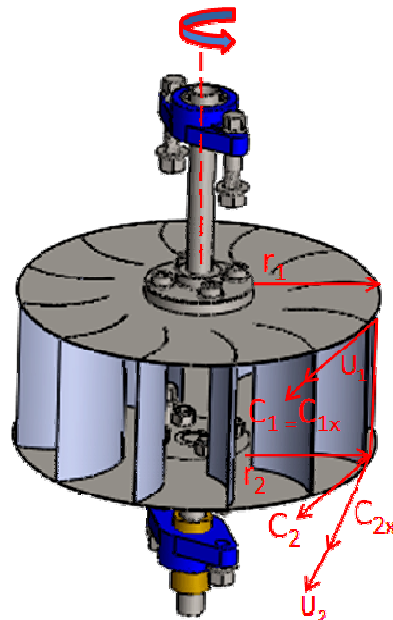
3.2 กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน

กฎนี้มีว่า ผลรวมของแรงกระทำจากของไหลทั้งหมด จะเท่ากับอัตราการเปลี่ยนแปลงของโมเมนตัมของของไหลซึ่งเขียนเป็นสมการ ได้ดังนี้

$$\sum F_x = \dot{m}(C_{2x} - C_{1x}) = \rho Q(C_{2x} - C_{1x}) \quad (8)$$

กังหันน้ำผลิตไฟฟ้าซึ่งจะมีรูปแบบของใบกังหันน้ำ ติดอยู่กับแผ่นเหล็กวงกลมที่มีลักษณะของการเคลื่อนที่เป็นแบบหมุนรอบแกนกลางของเพลลา จะแสดงกำลังงานถ่ายเทระหว่างวงล้อกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าที่เคลื่อนที่และรูปแบบการเคลื่อนที่ของของไหลได้ในรูปของ ผลคูณระหว่างแรงบิด (Torque) กับค่าของความเร็วเชิงมุม (ในหน่วย rad/s) ในรูปที่ 6 ได้กล่าวถึง การเคลื่อนที่ของอนุภาคของไหลจากจุดที่ 1 ที่ระยะรัศมี r_1 ไปยังจุดที่ 2 ที่ระยะรัศมี r_2 C_{1x} และ C_{2x} คือค่าองค์ประกอบของความเร็วของของไหลในทิศทางตามแนวสัมผัสที่ทางเข้าและทางออกตามลำดับ ก็จะได้ว่า ผลรวมของแรงบิดทั้งหมดที่กระทำกับระบบ คือ

$$\sum T = \dot{m}(r_2 C_{2x} - r_1 C_{1x}) \quad (9)$$



รูปที่ 6 การเคลื่อนที่ของของไหลผ่านใบกังหันน้ำที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม

ว.หล้าอมรชัยกุล

เมื่อใบพัดมีความเร็วเชิงมุมในการหมุน ω จะทำให้ได้กำลังงานถ่ายเท

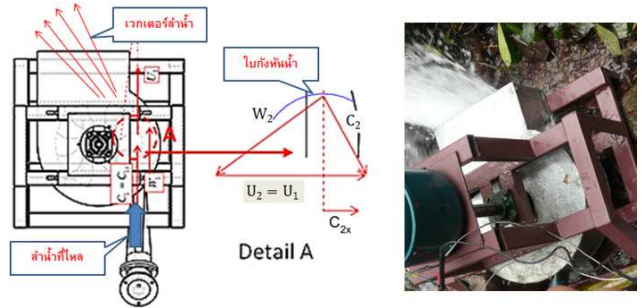
$$\Sigma (T\omega) = \dot{m} \omega (r_2 C_{2x} - r_1 C_{1x}) \quad (10)$$

$$\dot{W} = \dot{m}(U_1 C_{1x} - U_2 C_{2x}) \quad (11)$$

และสมการนี้เรียกว่า สมการของออยเลอร์ (Euler's Equation)

3.3 กังหันน้ำผลิตไฟฟ้าแบบแกนตั้ง

กังหันน้ำขนาดเล็กผลิตไฟฟ้าแบบแกนตั้งที่ได้ศึกษาและทำการออกแบบระบบการทำงานมีลักษณะโดยรวมคล้ายกับกังหันน้ำแบบเบนกิ (Banki Turbine) และกังหันน้ำแบบเพลตัน (Pelton Turbine) ซึ่งเป็นกังหันน้ำประเภทหัวฉีด หรือที่เรียกว่า กังหันอิมพัลส์ (Impulse turbine) ดังรูปที่ 7 ซึ่งเป็นกังหันน้ำที่เหมาะสมในการใช้งานกับค่าความเร็วจำเพาะไร้มิติต่ำๆ หรือค่าหัวน้ำสูงๆ โดยลำน้ำจะพุ่งออกมาจากหัวฉีด แล้วกระทบบนใบกังหันน้ำหลายๆ ใบซึ่งติดอยู่กับที่ตามแนวเส้นรอบวงของล้อที่กำลึงหมุน ทำให้มุมของลำน้ำที่ไหลกระทบใบพัดทำมุมอยู่ระหว่าง 160° และ 170° [1] จากแนวทิศทางเดิมของลำน้ำที่ไหลเข้าใบพัด ดังนั้นใบพัดจะถูกลำน้ำผลักดันและใบพัดอันต่อไปที่เคลื่อนที่เข้ามาตามการหมุนของล้อกังหันน้ำ ก็จะถูกแรงกระทำในลักษณะเดียวกันอย่างต่อเนื่อง ในรูปที่ 7 เป็นสามเหลี่ยมความเร็วสำหรับการไหลของน้ำเข้าและออกจากใบกังหันน้ำอันหนึ่ง โดยที่เวกเตอร์ความเร็วสัมพัทธ์ของน้ำที่เทียบกับใบกังหันน้ำที่ทางเข้า (W_1) ได้จากการลบเวกเตอร์ความเร็วใบพัด (U_1) ออกจากเวกเตอร์ความเร็วลำน้ำที่ไหลเข้า (C_1) และทิศทางของลำน้ำก็จะถูกเปลี่ยนไปเป็นมุม (α) ตามความโค้งของมุมของใบกังหันน้ำ เมื่อใบกังหันน้ำเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว (U_1) ดังนั้นมุม (α) จึงเป็นทิศทางความเร็วสัมพัทธ์ที่ทางออก (W_2) ถ้าหากบวกเวกเตอร์ความเร็วใบกังหันน้ำที่ทางออก (U_2 ซึ่งให้เท่ากับ U_1) กับเวกเตอร์ความเร็วสัมพัทธ์ที่ทางออก (W_2) ก็จะได้ผลรวมของเวกเตอร์ความเร็วสัมบูรณ์ของลำน้ำที่ไหลที่ทางออก (C_2)



รูปที่ 7 สามเหลี่ยมความเร็วของวงล้อและใบกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าแบบแกนตั้ง

จากสมการออยเลอร์ (11) เมื่อคิดเป็นพลังงานที่น้ำถ่ายเทให้แก่กังหันน้ำถ้าคิดต่อหน่วยน้ำหนักของน้ำหรือหัวพลังงานถ่ายเท

$$E = \frac{\dot{W}}{\dot{m}g} = \frac{U_1 C_{1x} - U_2 C_{2x}}{g} \quad (11)$$

จากกรณีเฉพาะสำหรับกังหันน้ำแบบนี้ที่

$U_2 = U_1 = U$, $C_{1x} = C_1$ และเนื่องจากมีความเสียดทานระหว่างน้ำกับผิวของใบกังหันน้ำ ทำให้ความเร็วสัมพัทธ์ของน้ำที่ทางออกลดลงจากทางเข้า ($W_2 < W_1$) ดังนั้นสมการที่ (12) จะกลายเป็น

$$E = \frac{U_1(C_1 - U)(1 - k \cos \alpha)}{g} \quad (13)$$

โดยที่ k คือ อัตราส่วนความเร็วสัมพัทธ์, $k = \frac{W_2}{W_1}$ และ k เป็นค่าที่น้อยกว่า 1.0 เสมอ เมื่อพิจารณารูปที่ 6 จะได้

$$E = \frac{U[(U + W_1) + \{W_2 \cos(180^\circ - \alpha) - U\}]}{g} \quad (14)$$

และได้กำลังงานถ่ายเทที่กังหันน้ำได้รับจากน้ำ

$$\dot{W}_r = \rho g Q E \quad (15)$$

ค่าประสิทธิภาพทางชลศาสตร์ (Hydraulic Efficiency; η_H) กำหนดดังนี้

$$\eta_H = \frac{E}{(C_1^2 / 2g)} \quad (16)$$

โดยที่ E คือ พลังงานที่น้ำถ่ายเทให้ใบกังหัน

จากสมการที่ (13) สามารถคำนวณหาค่าความเร็วของใบกังหันน้ำ (U) ที่เหมาะสม คือ ใบกังหันน้ำได้รับพลังงานจากน้ำหรือได้ประสิทธิภาพสูงสุด โดยการหาอนุพันธ์ของสมการที่ (13) เทียบกับ U

$$\frac{dE}{dU} = \frac{(1-k \cos \alpha)(C_1 - 2U)}{g} = 0$$

ซึ่งจะได้ว่าเมื่อ $C_1 = 2U$ ทำให้ได้ค่าหัวพลังงานถ่ายเท สูงที่สุด

$$U = \frac{C_1}{2} \quad (17)$$

เมื่อนำไปแทนค่าในสมการที่ (13) จะได้ ค่าหัวพลังงานสูงสุด

$$E_{Max} = \frac{C_1^2(1-k \cos \alpha)}{4g} \quad (18)$$

ค่ากำลังงานที่กังหันผลิตได้ทางทฤษฎี จะได้

$$\dot{W} = T\omega \quad (19)$$

ซึ่ง T คือ ค่าแรงบิด, ω คือ ค่าความเร็วเชิงมุม

4. ผลการศึกษาวิจัย

จากขั้นตอนในการทดสอบ ได้ผลการทดสอบที่ได้จากการวัดค่าตัวแปรของผลการคำนวณและวิเคราะห์ สำหรับผลต่างของความสูงของหัวน้ำที่ระดับความสูงต่างๆ ของกังหันน้ำ จากผลการศึกษาได้ทำการทดลองการเปิดปิดวาล์วน้ำโดยทำการกำหนดเปอร์เซ็นต์การเปิดปิดวาล์วน้ำดังรูปที่ 8 ผลการศึกษาระยะทำโดยการกำหนดเปอร์เซ็นต์การเปิดปิดวาล์วน้ำที่ทำให้ได้ค่าประสิทธิภาพการส่งน้ำ 50 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป ซึ่งมีขั้นตอนและรายละเอียดดังนี้

ที่ระดับความสูง 5 เมตรน้ำ

- เมื่อใช้หัวฉีดที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 35 มิลลิเมตร ทำการปรับมุมก้านวาล์ว 25-100 เปอร์เซ็นต์ เพื่อทำการปล่อยน้ำ

- เมื่อใช้หัวฉีดที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตร ทำการปรับมุมก้านวาล์ว 25-100 เปอร์เซ็นต์ เพื่อทำการปล่อยน้ำ

- เมื่อใช้หัวฉีดที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร ทำการปรับมุมก้านวาล์ว 25-100 เปอร์เซ็นต์ เพื่อทำการปล่อยน้ำ

ที่ระดับความสูง 10 เมตรน้ำ

- เมื่อใช้หัวฉีดที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 35 มิลลิเมตร ทำการปรับมุมก้านวาล์ว 25-100 เปอร์เซ็นต์ เพื่อทำการปล่อยน้ำ

- เมื่อใช้หัวฉีดที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตร ทำการปรับมุมก้านวาล์ว 25-100 เปอร์เซ็นต์ เพื่อทำการปล่อยน้ำ

- เมื่อใช้หัวฉีดที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร ทำการปรับมุมก้านวาล์ว 25-100 เปอร์เซ็นต์ เพื่อทำการปล่อยน้ำ



รูปที่ 8 เปอร์เซ็นต์การเปิดปิดวาล์วน้ำ

4.1 ผลการทดสอบที่สามารถวัดได้

ได้แสดงรายละเอียดพร้อมแสดงตัวอย่างค่าอัตราการไหลของลำน้ำ (Q) ที่วิ่งผ่านใบกังหันน้ำขนาดเล็กผลิตไฟฟ้าแบบแกนตั้ง, ความเร็วรอบการหมุน (N) และแรงบิด (T) ที่วัดได้ ที่ระดับความสูงของหัวน้ำ 5 เมตรน้ำ ตามตารางที่ 1

4.2 ผลการทดสอบที่ได้จากการวิเคราะห์

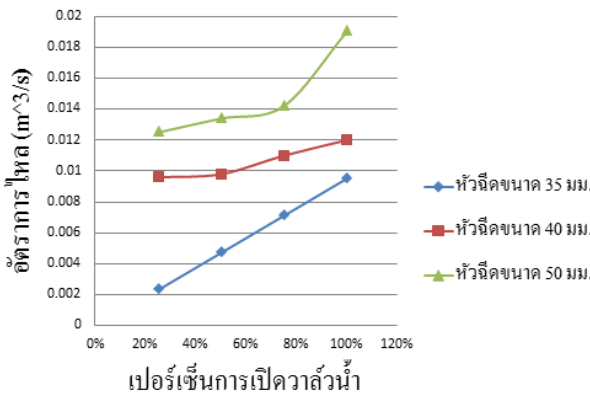
ผลการศึกษาได้แสดงผลของระบบการทำงานโดยรวมของกังหันน้ำขนาดเล็กผลิตไฟฟ้าแบบแกนตั้ง ซึ่งผลที่ทำการแสดงจะเป็นตัวอย่างของกำลังงานที่กังหันน้ำขนาดเล็กผลิตไฟฟ้าแบบแกนตั้งได้รับ กำลังงานที่กังหันน้ำขนาดเล็กผลิตไฟฟ้าแบบแกนตั้งได้ส่งออก ที่วิเคราะห์ได้ตามตารางที่ 1 ที่ระดับความสูงของหัวน้ำ 5 เมตร น้ำได้

ว.หล้าอมรชัยกุล

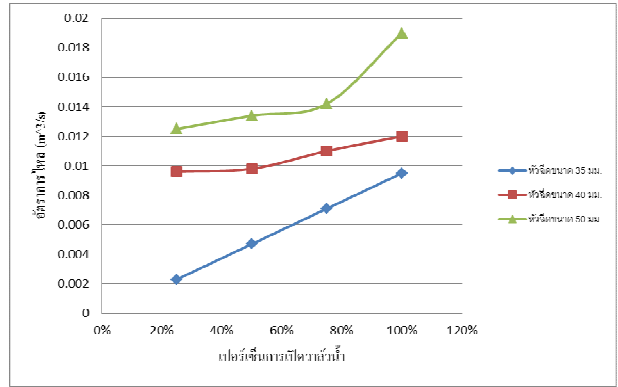
แสดงค่ากำลังงานและประสิทธิภาพของกังหันน้ำขนาดเล็ก
ผลิตไฟฟ้าแบบแกนต์ตั้งที่วิเคราะห์และคำนวณผลได้

ตารางที่ 1 ตารางแสดงผลการทดสอบ

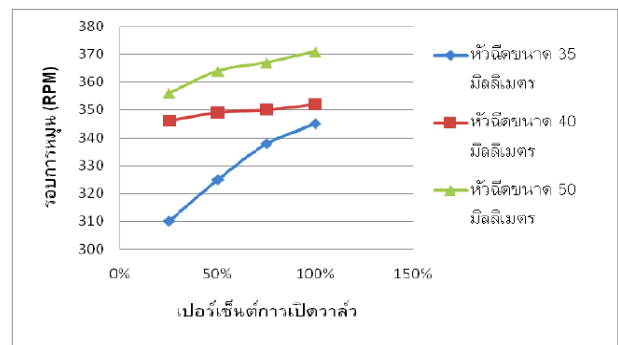
ความสูงของหัวน้ำ (m)	ขนาดของหัวฉีด (mm)	เปอร์เซ็นต์การเปิดปิดวาล์ว (%)	อัตราการไหล (Q) (m ³ /s)	รอบการหมุน (N) (RPM)	แรงบิด Torque (N.m)	กำลังงานไฟฟ้าที่ได้รับจากน้ำ (W)	กำลังไฟฟ้าที่ได้จากกังหันน้ำ (W)	ประสิทธิภาพ (%)
5 เมตรน้ำ	35	25%	0.0023	310	2.7	112.8	87.6	22.4
		50%	0.0047	325	4.5	230.5	153.1	33.6
		75%	0.0071	338	7.2	348.3	254.7	26.9
		100%	0.0095	345	8.7	465.9	314.2	32.6
	40	25%	0.0096	346	8.9	470.8	322.3	31.5
		50%	0.0098	349	9.3	480.6	339.7	29.3
		75%	0.0110	350	9.5	539.5	348.0	35.5
		100%	0.0120	352	9.9	588.6	364.7	38
	50	25%	0.0125	356	10.1	613.1	376.3	38.6
		50%	0.0134	364	11.2	657.2	426.7	35.1
		75%	0.0142	367	11.5	696.5	441.7	36.6
		100%	0.0190	371	12.3	931.9	477.6	48.7
10 เมตรน้ำ	35	25%	0.0055	375	11.7	225.6	428.6	20.56
		50%	0.0057	381	12.5	461.0	459.2	17.87
		75%	0.0087	387	12.7	696.5	514.4	39.73
		100%	0.0098	393	13.1	931.9	538.8	43.95
	40	25%	0.010	405	12.8	941.7	542.5	44.69
		50%	0.012	421	13.7	961.3	603.6	48.72
		75%	0.015	422	13.5	1079.1	596.2	59.48
		100%	0.017	431	13.4	1177.2	604.5	63.75
	50	25%	0.021	445	12.8	1226.2	596.2	71.06
		50%	0.025	452	13.5	1314.5	638.7	73.96
		75%	0.027	461	13.6	1393.0	656.2	75.22
		100%	0.030	460	13.9	1863.9	669.2	77.26



รูปที่ 9 เปอร์เซ็นต์การเปิดวาล์วที่มีผลต่ออัตราการไหล



รูปที่ 10 เปอร์เซ็นต์การเปิดวาล์วที่มีผลต่อแรงบิด



รูปที่ 11 เปอร์เซ็นต์การเปิดวาล์วที่มีผลต่อการสร้างรอบการหมุน

5. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากตารางที่ 1 ผลการทดสอบที่ได้สามารถสรุปได้ว่า เมื่อมีการเพิ่มขนาดของหัวฉีด ดังนั้นเปอร์เซ็นต์การเปิดวาล์วควรที่จะมากขึ้นด้วย เพื่อให้ได้ค่าประสิทธิภาพที่ดีขึ้น แต่อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพของระบบการทำงานจะดีหรือไม่ ย่อมจะขึ้นอยู่กับชุดอุปกรณ์ที่ใช้สร้างตัวกังหันน้ำ ตลอดจนอุปกรณ์ในการผลิตกระแสไฟฟ้า เพราะถ้าระบบดี โครงสร้างดีประสิทธิภาพก็จะสูงตาม จากผลการศึกษาก็เห็นว่า ประสิทธิภาพของระบบจะต่ำลง เพราะเกิดจากการสูญเสียที่หัวฉีด ตลอดจนชุดอุปกรณ์ประกอบที่ต่าง ๆ นอกจากนี้ยังเกิดจากการสูญเสียตามความยาวท่อ และรวมไปถึงชุดกำเนิดไฟฟ้าที่ต่อเข้ากับชุดกังหันน้ำเพื่อผลิตไฟฟ้า ด้วยเห็นนี้จึงเป็นผลให้ค่าประสิทธิภาพต่ำลง เนื่องจากมีภาระของโหลดเข้ามากระทำต่อระบบการ

ทำงาน จากงานวิจัยอาจเป็นแนวทางในการพัฒนากังหันน้ำ
ที่สามารถใช้ได้กับอาคารหรือโรงงานได้ต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล
ล้านนา พิษณุโลก ที่สนับสนุนทุนในการทำวิจัย ตลอดจน

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล
ล้านนา พิษณุโลก ที่อนุญาตให้ใช้สถานที่ในการทดสอบ
และขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีที่
ให้ความอนุเคราะห์ในการชุดเครื่องมืออุปกรณ์
อิเล็กทรอนิกส์ในการวัดค่าแรงบิดและกำลังงานทางไฟฟ้า

เอกสารอ้างอิง

- [1] พิเนตร เจริญเสาวภาคย์ และสุรชัย เพียรเจริญศักดิ์. (2524). เครื่องกังหัน พลังน้ำสำหรับระดับน้ำต่ำ. ปรินูญานิพนธ์
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมเครื่องกล, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- [2] วันคำ แสงเมือง (2551). การวัดประสิทธิภาพและวิเคราะห์การสูญเสียของโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กใน
สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว. การประชุมวิชาการเทคโนโลยีและนวัตกรรมสำหรับการพัฒนาที่ยั่งยืน
, มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น
- [3] เศรษฐา สมจิตต์ชอบ, พรหมพร เชื้อกุลา และ จิระกานต์ ศิริวิษณุไมตรี (2551). การทดสอบ ประสิทธิภาพกังหันพลัง
น้ำแกนด์แบบลดแรงเสียดทาน. การประชุมสัมมนาเชิงวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย, มหาวิทยาลัย
นเรศวร จังหวัดพิษณุโลก
- [4] สิทธิพร ใหญ่ธนายศ (2550). การใช้ประโยชน์ด้านพลังงานกลจากน้ำเก็บสะสมที่มีอยู่บนอาคาร. วารสารวิชาการ
เทคโนโลยีอุตสาหกรรม, ปีที่ 3 ฉบับที่ 2.
- [5] อีลีหัยะ สนิโซ, สือกรี เต๊ะ และ พารินดี้ หมัดแมเรอ (2554). การผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กจากมอเตอร์เครื่องซัก
ผ้าสำหรับครัวเรือน. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 25, จังหวัดกระบี่