



การศึกษาและพัฒนาโครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กมากในประเทศไทย

Study and development of micro hydro power electric plant in Thailand

กิตติพร โป้จิ๋ว*, พิชิต ทวีศรี, วีระ ศรีวะรมย์, ชีรศักดิ์ รุ่งแสงจันทร์

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน

17 ถ. พระราม 1 แขวงรองเมือง เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทร. 0-2223-0021-9 ต่อ 1470

*E-mail: kposew@gmail.com

บทคัดย่อ

โลกประสบปัญหาความร้อนที่เพิ่มขึ้นจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงฟอสซิล พลังงานทดแทนคือทางออกที่สำคัญ พลังงานลม พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานคลื่น พลังงานความร้อนใต้พิภพ เป็นรูปแบบต่างๆของการนำพลังงานทดแทนมาใช้ประโยชน์ พลังงานน้ำ ถือเป็นพลังงานทดแทนชนิดหนึ่งซึ่งมีความน่าเชื่อถือทั้งในแง่เทคโนโลยี และความมั่นคงของการผลิตพลังงาน ในบทความนี้จะกล่าวถึงวิธีการออกแบบโครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กมาก ซึ่งวิธีการออกแบบนี้ได้ถูกนำมาใช้ออกแบบและใช้งานจริง ณ โครงการไฟฟ้าพลังน้ำบ้านผาผึ้ง ตำบลเชียงทอง อำเภอวังเจ้า จังหวัดตาก โดยออกแบบโดยใช้ปริมาณน้ำ 200 ลิตรต่อวินาที วัดความสูงหัวน้ำ 50 เมตร ออกแบบใช้ท่อ PVC ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 500 มิลลิเมตร ก่อสร้างฝายสูง 1.5 เมตร ยาว 15 เมตร ใช้เครื่องกังหันน้ำชนิดเทอร์โก๊ขนาดกำลังผลิต 70 กิโลวัตต์ และจากการทดสอบเดินเครื่องกังหันน้ำ สามารถกำเนิดพลังงานไฟฟ้าได้ 69.5 กิโลวัตต์

คำสำคัญ : ไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กมาก

Received: Nov 20, 2014

Revised: Dec 24, 2014

Accepted: Dec 29, 2014

Abstract

Climate changed are mainly effect from the ignition of fossil fuel. The renewable sources of energy, such as wind, solar, tidal wave, and geothermal can provide a more sustainable. A possible solution for a number of instances is the implementation of micro-hydropower system. Not only micro hydro is a non-polluting energy source, but also it is much more efficient than the burning of fossil fuel or other renewable energy. In this article, a brief description of micro hydro power plant design procedure. The design procedure was use for construct the PHA PUNG micro hydroelectric project, TAK province; the design flow rate is 200 litre/sec and design head is 50 meter. The penstock pipe is made of PVC class 8.5. The penstock diameter is 500 millimeter. The diversion weir height 1.5 meter and 15 meter length. Select the turgo turbine 70 kW for generate the electricity. The project was successful by produce the electric power of 69.5 kW for the village.

Keyword: Micro hydro power electric plant

1. บทนำ

พลังน้ำเป็นแหล่งพลังงานที่เก่าแก่ที่สุดพลังงานหนึ่งที่มนุษย์นำมาใช้ประโยชน์ โดยใช้น้ำมาหมุนกังหันน้ำเพื่อใช้เป็นเครื่องสีข้าวหรือเมล็ดพันธุ์อื่นๆ เครื่องเลื่อย เครื่องทอผ้า หรือเครื่องสูบน้ำ โรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดใหญ่เพียงจะมีการใช้เพื่อกำเนิดไฟฟ้าในช่วงศตวรรษที่ผ่านมา โครงการไฟฟ้าพลังน้ำมีหลายประเภท เช่น โรงไฟฟ้าพลังน้ำชนิดมีอ่างเก็บน้ำ โรงไฟฟ้าพลังน้ำชนิดที่ไม่มีอ่างเก็บน้ำ โรงไฟฟ้าพลังงานคลื่น เป็นต้น โดยโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดใหญ่จะเป็นโรงไฟฟ้าพลังน้ำที่มีอ่างเก็บน้ำ มีขนาดกำลังผลิตมากกว่า 10 MW ส่วนโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก มีขนาดกำลังผลิต 100 kW - 10 MW และโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กมากมีขนาดกำลังผลิต 5 kW - 100 kW จะเป็นโรงไฟฟ้าพลังน้ำที่ไม่มีอ่างเก็บน้ำ ซึ่งจากข้อมูลในเว็บไซต์กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ประเทศไทยมีการผลิตไฟฟ้าจากพลังน้ำ รวมทั้งสิ้น 2,999.86 MW โดยการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย มีโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดใหญ่ 2,886.27 MW โรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก 60.46 MW การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคมีโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก 8.65 MW และ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานมีโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก 43.32 MW โรงไฟฟ้าพลังน้ำระดับหมู่บ้าน หรือโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กมาก 1.16 MW การพัฒนาโครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดใหญ่และขนาดเล็กจะต้องทำในเขตพื้นที่ป่า ซึ่งจะต้องทำลายทรัพยากรป่าไม้เป็นจำนวนมาก โครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดใหญ่จึงเกิดขึ้นได้ยากในประเทศไทย ดังนั้น โครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กมาก จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ยังคงพัฒนาต่อไปได้ เนื่องจากไม่ต้องทำลายพื้นที่ป่าเพราะการก่อสร้างโครงการสามารถทำได้โดยไม่ต้องมีอ่างเก็บน้ำ องค์ประกอบโครงการมีขนาดเล็ก สามารถก่อสร้างได้ง่าย นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบโครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กมากกับ

พลังงานทดแทนอื่นๆ เช่น พลังงานลม พลังงานแสงอาทิตย์ ที่ขนาดกำลังผลิตเท่ากัน โครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กมากมีประสิทธิภาพสูงกว่า (70% - 90%) [1] มีค่า Capacity factor สูง คือ มากกว่า 50% ในขณะที่พลังงานลมมีค่า Capacity factor 30 % และพลังงานแสงอาทิตย์ มีค่า Capacity factor 10 % โรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กมากมีการเปลี่ยนแปลงของกำลังน้อยกว่าพลังงานลมและแสงอาทิตย์ซึ่งกำลังเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา [2] อย่างไรก็ตามยังมีการกล่าวถึงการออกแบบและพัฒนาโครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กมากในบทความต่างๆ น้อยมาก ในบทความนี้จะกล่าวถึงการออกแบบและพัฒนาโครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กมากในประเทศไทย ทั้งนี้เพื่อเป็นฐานข้อมูลประกอบการนำไปใช้งาน หรือวิจัยและพัฒนาโครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กมากต่อไป

2. วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาและพัฒนาไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กมาก เริ่มต้นจากการรวบรวมข้อมูลโครงการ เช่น อัตราการไหลของน้ำ ความสูงของระดับน้ำ เพื่อนำไปเลือกใช้วัสดุที่มีคุณลักษณะและขนาดที่เหมาะสม ซึ่งกรรมวิธีการเก็บข้อมูลจะต้องใช้วิธีการรวบรวมที่เหมาะสม ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 การเลือกชนิดของเครื่องกังหันน้ำ

การเลือกชนิดของเครื่องกังหันน้ำจะต้องเริ่มจากการรวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำ ความสูงหัวน้ำ เพื่อนำมาคำนวณคุณลักษณะต่างๆ ของเครื่องกังหันน้ำ ดังมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1.1 การวัดอัตราการไหลของน้ำ [2]

สามารถวัดค่าอัตราการไหลของน้ำได้หลากหลายรูปแบบ วิธีการ ความเร็ว-พื้นที่ เป็นวิธีการทั่วไปที่ใช้ในการวัดอัตราการไหลของแม่น้ำขนาดกลางและขนาดใหญ่ เป็นการวัดพื้นที่หน้าตัดของแม่น้ำ และความเร็วการไหลเฉลี่ยของน้ำที่ไหลผ่านพื้นที่หน้าตัดของแม่น้ำ ณ จุดนั้นๆ ในการวัดพื้นที่หน้าตัดของแม่น้ำธรรมชาติจะต้องแบ่งพื้นที่หน้าตัดออกเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าเล็กๆ ตามแนวดิ่ง และคำนวณพื้นที่หน้าตัดได้จาก

$$A_r = \left(\frac{a+b}{2} \right) \times \left(\frac{h_1 + h_2 + h_3 + \dots + h_n}{n} \right) \text{ m}^2 \quad (1)$$

เมื่อ a คือ ความกว้างผิวน้ำ

b คือ ความกว้างท้องน้ำ

$\frac{h_1 + h_2 + h_3 + \dots + h_n}{n}$ คือ ความลึกเฉลี่ยของแม่น้ำ

2.1.2 การวัดความเร็วการไหลของน้ำ [2]

เนื่องจากการไหลของน้ำในแนวขวางการไหลและแนวดิ่งมีความเร็วไม่คงที่ ดังนั้นจึงต้องมีการวัดความเร็วที่หลายจุด เพื่อให้ได้ค่าเฉลี่ย การวัดความเร็วสามารถวัดได้จากความเร็วของวัตถุที่ลอยอยู่บนผิวน้ำในตำแหน่งกลางแม่น้ำ เมื่อ t คือเวลาที่วัตถุเคลื่อนที่มีหน่วยเป็นวินาที และเคลื่อนที่ไปเป็นระยะทาง L มีหน่วยเป็นเมตร

$$V = \frac{L}{t} \quad \text{m/s} \quad (2)$$

ค่าความเร็วการไหล V ที่ได้จะต้องคูณด้วยค่าตัวคูณเพื่อใช้แก้ไข ซึ่งจะอยู่ระหว่าง 0.6 ถึง 0.85 ขึ้นอยู่กับความลึกและความหยาบของพื้นริมฝั่งแม่น้ำ (0.75 เป็นค่าที่ยอมรับได้)

$$V_a = 0.75V \quad \text{m/s} \quad (3)$$

สามารถคำนวณอัตราการไหลได้จาก

$$Q = A_r V_a \quad \text{m}^3/\text{s} \quad (4)$$

2.1.3 การวัดความสูงหัวน้ำ

ความสูงหัวน้ำรวม คือระยะทางในแนวดิ่งระหว่างผิวน้ำที่ฝายทดน้ำและผิวน้ำที่ท้ายโรงไฟฟ้า กรณีที่เป็นกังหันแบบแรงสะท้อน (ฟรานซิส หรือคาปลาน) และ ระดับของหัวฉีดกรณีที่เป็นกังหันน้ำแบบแรงกระแทก (เพลตัน เทอร์โบ และโครสโฟล์) เทคโนโลยีสมัยใหม่สามารถทำได้ง่ายโดยใช้ GPS (Global Position System)

2.1.4 กำลังของเครื่องกังหันน้ำ [3]

ไม่ว่าจะนำน้ำผ่านทางน้ำเปิดหรือโดยท่อ กำลังที่ผลิตได้จากเครื่องกังหันน้ำสามารถคำนวณได้จาก

$$P = \rho g h_n Q n_t \quad (5)$$

เมื่อ P คือ กำลังที่เพลเครื่องกังหันน้ำ (Watt)

ρ คือ ความหนาแน่นของน้ำ (1,000 kg/m³)

h_n คือ ความสูงหัวน้ำสุทธิ (m)

Q คือ อัตราการไหลของน้ำ (m³/s)

g คือ ค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงโลก (9.81 m/s²)

n_t คือ ค่าประสิทธิภาพของเครื่องกังหันน้ำ (80-90%)

เมื่อรู้กำลัง ความเร็วจำเพาะ และ ความสูงหัวน้ำสุทธิแล้ว จะสามารถรู้ชนิดเครื่องกังหันน้ำ คำนวณขนาดเครื่องกังหันน้ำ และความสูงเหนือทางน้ำออกได้ โดยทั่วไปแล้วเครื่องกังหันน้ำชนิดเทอร์โบ จะใช้งานได้กับความสูงของหัวน้ำ และปริมาณน้ำเหมือนกับฟรานซิส เทอร์ไบน์ คือความสูงหัวน้ำ 10-50 เมตร แต่ในการเดินเครื่องที่โหลดไม่ถึง 100 % เครื่องกังหันน้ำชนิดเทอร์โบจะมีประสิทธิภาพดีกว่า ซึ่งเหมาะกับโครงการที่ไม่ต้องเก็บน้ำ เมื่อรู้จักชนิดเครื่องกังหันน้ำคร่าวๆ แล้ว ก็จะดำเนินการคำนวณขนาดของเครื่องกังหันน้ำได้

2.1.5 เครื่องกังหันน้ำชนิดเทอร์โบ [4]

หากรู้อัตราการไหล ความเร็วของเครื่องกังหันน้ำ และความสูงหัวน้ำสุทธิ สามารถนำมาคำนวณขนาดของเครื่องกังหันน้ำชนิดเพลตัน ได้ดังนี้

$$\text{ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของใบพัด} \quad D = 40.8 \times \frac{\sqrt{h_n}}{N} \quad (6)$$

$$\text{ขนาดความกว้างใบพัด} \quad B = 1.68 \times \sqrt{\frac{Q}{K} \times \frac{1}{\sqrt{h_n}}} \quad (7)$$

เมื่อ K คือ จำนวนหัวฉีด

h_n คือ ความสูงหัวน้ำสุทธิ (เมตร)

N คือ ความเร็วการหมุนของเครื่องกังหันน้ำ (rpm)

$$\text{ขนาดหัวฉีด} \quad D_j = 1.178 \sqrt{\frac{Q}{K} \times \frac{1}{\sqrt{g \times h_n}}} \quad (8)$$

อัตราส่วนระหว่าง D/B จะต้องมากกว่า 2.7 ซึ่งหากได้น้อยกว่าจะต้องมีการคำนวณใหม่โดยกำหนดให้มีจำนวนหัวฉีดเพิ่มขึ้น ถ้าหากเครื่องกังหันน้ำเป็นชนิดเทอร์โบ ค่าความเร็วจำเพาะจะเป็น 2 เท่า ส่งผลให้ขนาดของใบพัดเท่ากับครึ่งหนึ่งของชนิดเพลตัน

2.2 การควบคุมความเร็วของเครื่องกังหันน้ำ [4]

ชุดควบคุมความเร็วเครื่องกังหันน้ำประกอบด้วยอุปกรณ์และกลไกซึ่งตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของความเร็วมาเปลี่ยนเป็นการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของชุดเปิด-ปิดน้ำ ชุดควบคุมที่เป็นแบบกลไกทางกลจะใช้กับเครื่องกังหันน้ำขนาดเล็ก แต่ปัจจุบันมีอุปกรณ์ควบคุมความเร็วเครื่องกังหันน้ำแบบผสมผสานระหว่างอิเล็กทรอนิกส์และกลไกทางกลซึ่งเที่ยงตรงมาก เพื่อให้แน่ใจว่าจะสามารถควบคุมความเร็วเครื่องกังหันน้ำโดยการควบคุมการเปิด-ปิด น้ำได้ จะต้องมีการใช้อุปกรณ์เพิ่มความเฉื่อยให้ระบบเรียกว่าล้อช่วยแรง (Flywheel) เพื่อให้การควบคุมทำงานได้ดีต้องพิจารณาดังนี้

เวลาในการหมุนของเครื่องจักรจากหยุดนิ่งจนถึงความเร็วใช้งาน

$$t_r = \frac{W_t r^2 N^2}{91270 P_t} \quad (9)$$

เมื่อ W_t คือ น้ำหนักของชิ้นส่วนที่หมุน (kg)

r คือ Radius of gyration

P_t คือ กำลังเครื่องกังหันน้ำ (kW)

N คือ ความเร็วการหมุนของเครื่องกังหันน้ำ (rpm)

เวลาในการเพิ่มความเร็วของน้ำจากศูนย์จนเท่ากับความเร็วที่ใช้งาน

$$t_w = \frac{L_p \times V_p}{g \times H_g} \quad (10)$$

เมื่อ L_p คือ ความยาวท่อส่งน้ำ (m)

V_p คือ ความเร็วน้ำในท่อส่งน้ำ (m/s)

H_g คือ ความสูงหัวน้ำรวม (m)

g คือ ค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงโลก (9.81 m/s²)

เพื่อให้ได้ระบบที่มีการควบคุมความเร็วรอบที่ดี t_r / t_w ต้องมากกว่า 4 เวลาในการเพิ่มความเร็วของน้ำจากศูนย์จนเท่ากับความเร็วที่ใช้งานไม่เกิน 2.5 วินาที หากมากกว่านี้จะต้องปรับเปลี่ยนขนาดท่อส่งน้ำ หรือโดยการเพิ่มขนาดของล้อช่วยแรงเพื่อเพิ่มความเฉื่อยให้ระบบ

2.3 ฝ่ายทดน้ำ [2]

ในกรณีที่มิอัตรการไหลน้อยกว่า 4 m³/s จะต้องมีการก่อสร้างฝ่ายทดน้ำ ปริมาณน้ำที่ไหลผ่านฝ่ายทดน้ำสามารถคำนวณได้จาก

$$Q = 1.8 \times (w - 0.2h) \times h^{1.5} \quad \text{m}^3/\text{s} \quad (11)$$

เมื่อ w คือ ความกว้างของฝ่ายทดน้ำ และ

h คือ ความสูงของฝ่ายทดน้ำ

2.4 ตะแกรงกันขยะ [2]

เพื่อป้องกันไม่ให้มีเศษขยะเข้ามาในท่อส่งน้ำ จะต้องมียตะแกรงกันขยะ ทำมุม 60° ถึง 80° กับพื้น ความกว้างของช่องตะแกรงสูงสุดจะถูกระบุโดยโรงงานผู้ผลิตเครื่องกั้นน้ำ ซึ่งโดยทั่วไปจะใช้ค่า 20-30 มิลลิเมตร สำหรับเครื่องกั้นน้ำชนิดเพลตันและเทอร์โก้ 40-50 มิลลิเมตร สำหรับเครื่องกั้นน้ำชนิดฟรานซิส และ 80-100 มิลลิเมตร สำหรับเครื่องกั้นน้ำชนิดคาปลาน

2.5 ตำแหน่งของท่อส่งน้ำเพื่อป้องกันการหมุนวนของน้ำที่ทางเข้า [4]

การหมุนวนของน้ำสามารถเกิดขึ้นได้ และจะเป็นเหตุให้มีอากาศไหลเข้าไปในท่อส่งน้ำ และทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องกั้นน้ำไม่ดี นอกจากนี้ยังเป็นเหตุให้ขยะไหลเข้าท่อมากขึ้นด้วย การคำนวณระยะน้อยที่สุดที่ท่อทางเข้าจมอยู่ใต้ผิวน้ำ h_s

$$h_s \geq D_h \times \left[1 + 2.3 \frac{V_i}{\sqrt{g \times D_h}} \right] \quad (12)$$

เมื่อ D_h คือ เส้นผ่านศูนย์กลางไฮดรอลิกของท่อ (m)

V_i คือ ความเร็วน้ำที่ทางเข้า (m/s) และ

g คือ ค่าคงที่เนื่องจากแรงโน้มถ่วง (m/s^2)

2.6 การเลือกท่อส่งน้ำ

การเลือกท่อส่งน้ำจะต้องมีการเลือกขนาด โดยการคำนวณจากความสูญเสียในท่อส่งน้ำและอุปกรณ์ต่างๆ ทั้งนี้ควรเลือกขนาดท่อส่งน้ำที่ทำให้เกิดความสูญเสียในท่อส่งน้ำไม่เกิน 5% ของความสูงหัวน้ำรวม และเนื่องจากท่อที่ใช้ในโครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กมากเป็นท่อ PVC ดังนั้นจึงสามารถเลือกเกรดท่อให้เหมาะสมกับความสูงหัวน้ำได้เลย โดยท่อ PVC มีเกรด 5.5, 8.5 และ 13.5 สามารถทนต่อแรงดันน้ำได้ 55, 85 และ 135 เมตร ตามลำดับ

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์ผลการวิจัย

จากทฤษฎีข้างต้น นำมาทดลองออกแบบโครงการไฟฟ้าพลังน้ำบ้านผาผึ้ง ตำบลเชียงทอง อำเภอวังเจ้า จังหวัดตาก ซึ่งมีรายละเอียดโครงการดังนี้

ปริมาณน้ำที่ได้จากการวัดอัตราการไหลของน้ำเพื่อนำมาใช้ในการออกแบบเท่ากับ 200 ลิตรต่อวินาที และจากผลการทดสอบเดินเครื่องกั้นน้ำ พบว่าสามารถเดินเครื่องกั้นน้ำโดยใช้ปริมาณน้ำ 225 ลิตรต่อวินาทีได้ต่อเนื่อง

เลือกท่อส่งน้ำ เนื่องจากโครงการมีความสูงหัวน้ำ 50 เมตร จึงเลือกท่อส่งน้ำที่เป็นท่อ PVC ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 500 มิลลิเมตร ความยาว 650 เมตร ใช้ท่อเกรด 8.5 สามารถทนต่อแรงดันน้ำได้ 85 เมตร จากผลการทดสอบ ท่อสามารถรองรับความดันที่เพิ่มขึ้นสูงสุดขณะวาล์วปิดได้โดยไม่เกิดความเสียหาย

ความสูงหัวน้ำที่วัดได้โดยใช้ GPS เท่ากับ 52 เมตร เมื่อคำนวณค่าการสูญเสียในท่อระหว่งการไหลของน้ำแล้วจะเหลือความสูงหัวน้ำสุทธิ 50 เมตร และเมื่อก่อสร้างแล้วเสร็จ ติดตั้ง Pressure Gauge เพื่อวัดความดันภายในท่อส่งน้ำ อ่านค่าได้ 5 kgf/cm^2 ซึ่งมีค่าเทียบเท่าความสูงหัวน้ำ 50 เมตร

กำลังของเครื่องกังหันน้ำที่กำหนดตามสมการที่ 5 โดยอาศัยข้อมูลความสูงหัวน้ำและปริมาณน้ำที่วัดได้ในลำน้ำเท่ากับ 70 kW เมื่อประสิทธิภาพของเครื่องกังหันน้ำเท่ากับ 75 % และประสิทธิภาพเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 90 %

การเลือกชนิดของเครื่องกังหันน้ำ เนื่องจากโครงการบ้านผาผึ้งมีความสูงหัวน้ำสุทธิ 50 เมตร มีปริมาณน้ำออกแบบ 200 ลิตรต่อวินาที ดังนั้นเครื่องกังหันน้ำที่เหมาะสมกับโครงการนี้คือ เครื่องกังหันน้ำแบบฟรานซิส (Francis) ครอสโฟล (Cross flow) และ เทอร์โบเทอร์โก้ (Turgo) อย่างไรก็ตามเครื่องกังหันน้ำแบบฟรานซิส (Francis) มีราคาแพงเพราะต้องนำเข้ามาจากต่างประเทศ และเหมาะกับโครงการที่มีอ่างเก็บน้ำ และเดินเครื่องแบบ full load ส่วนเครื่องกังหันน้ำชนิด ครอสโฟล (Cross flow) ที่ผลิตในประเทศไทยเกิดการเสียหายได้ง่ายเพราะโครงสร้างใบพัดที่เปราะบาง ในฤดูฝนที่ปริมาณน้ำมากจะมีเศษไม้และหินหลุดลอดเข้ามาในระบบและก่อให้เกิดความเสียหายกับใบพัดได้ง่าย ดังนั้นเครื่องกังหันน้ำชนิดเทอร์โก้ (Turgo) จึงเป็นเทอร์โบใบน์ที่เหมาะสมที่สุดเนื่องจากมีประสิทธิภาพที่ดีในการเดินเครื่องแบบโหลดบางส่วน (Part Load) และใบพัดมีความแข็งแรง โดยใบพัดของเครื่องกังหันน้ำมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 540 มิลลิเมตร ที่ความเร็วรอบออกแบบ 500 rpm ผลการทดสอบพบว่าเครื่องกังหันน้ำสามารถเดินเครื่องที่ 500 rpm และสามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้ดังผลการทดลองในตารางที่ 1



รูปที่ 1 ฝ่ายทดน้ำความยาวสันฝาย 15 เมตร และ งานต่อท่อส่งน้ำที่ได้รับการสนับสนุนแรงงานจากชาวบ้าน

การควบคุมความเร็วของเครื่องกังหันน้ำ คำนวณ $t_r = 11.17$ $t_w = 2.8$, $t_r / t_w = 4.02$ ซึ่งจากการทดสอบเครื่องกังหันน้ำและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสามารถรักษารอบได้คงที่ อย่างไรก็ตามการใช้ระบบควบคุมแบบอิเล็กทรอนิกส์โหลดคอนโทรลเลอร์ เป็นการจ่ายโหลดแบบคงที่ให้กับโหลดเทียมอยู่แล้ว ดังนั้นค่า t_r และ t_w จึงไม่ส่งผลต่อการควบคุมความเร็วรอบมากนักในระหว่างการเดินเครื่อง

ตำแหน่งของท่อส่งน้ำเพื่อป้องกันการหมุนวนของน้ำที่ทางเข้าตามสมการที่ 12 จะต้องติดตั้งท่อต่ำกว่าผิวน้ำไม่ต่ำกว่า 1.05 เมตร เพื่อไม่ให้เกิดการหมุนวน (Vortex) ของน้ำที่ทางเข้า ซึ่งสำหรับโครงการ

บ้านผาผึ้งก่อสร้างฝายสูง 1.5 เมตร เมื่อหักลบเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ 0.5 เมตร เหลือความสูงจากหลังท่อถึงผิวน้ำ 1 เมตร เมื่อทำการเดินเครื่องทดสอบปรากฏว่าไม่มีการหมุนวนของน้ำที่ทางเข้า



รูปที่ 2 งานก่อสร้างโรงไฟฟ้า และงานติดตั้งเครื่องกั้นน้ำและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

เมื่อก่อสร้างโครงการแล้วเสร็จโดยมีองค์ประกอบโครงการดังแสดงในรูปที่ 1 คือมี ฝายทดน้ำ การวางท่อส่งน้ำ และรูปที่ 2 อาคารโรงไฟฟ้าที่มีการก่อสร้างแบบง่ายๆ และติดตั้งเครื่องกั้นน้ำชนิดเทอร์โก๊ภายในอาคารโรงไฟฟ้า หลังจากก่อสร้างโครงการแล้วเสร็จได้ทำการทดสอบเก็บข้อมูล ความสูงหัวน้ำ อัตราการไหลของน้ำ แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้า และนำผลที่ได้มาคำนวณประสิทธิภาพของเครื่องกั้นน้ำ โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบเดินเครื่องผลิตไฟฟ้า

H (m)	Q (l/s)	V_g			V_b			I_b			P_L kW	P_B kW	ΣP kW	Turbine η_t %
		A	B	C	A	B	C	A	B	C				
51.0	64.0	223.0	220.0	224.0	85.5	86.5	87.0	41.9	42.8	42.5	0.0	11.0	11.0	38.00
51.0	94.0	221.0	224.0	222.0	114.5	109.0	115.3	56.6	54.6	56.9	0.0	19.0	19.0	44.00
50.5	150.0	224.0	222.0	221.0	156.5	156.6	157.0	77.2	78.1	78.9	0.0	36.7	36.7	54.00
49.5	200.0	223.0	222.0	221.0	157.2	157.8	158.0	77.5	78.5	79.2	25.0	37.1	62.1	71.00
49.0	225.0	224.0	221.0	223.0	171.2	172.5	173.6	85.6	86.0	86.6	25.0	44.5	69.5	72.00

H (m) คือ ค่าความสูงหัวน้ำ

Q (m³/s) คือ ค่าอัตราการไหลของน้ำ ได้จากการวัดอัตราการไหลของน้ำที่ไหลในท่อโดยใช้เครื่องมือวัดอัตราการไหลแบบอุลตราโซนิก

V_g (Volt) คือ ค่าแรงดันไฟฟ้าทั้ง 3 เฟส ที่วัดได้จากขั้วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยใช้ Volt meter

V_b (Volt) คือ ค่าแรงดันไฟฟ้าทั้ง 3 เฟส ที่วัดได้จากขั้วของโหลดเทียมโดยใช้ Volt meter

I_b (Amp) คือ ค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลเข้าโหลดเทียมโดยใช้ Clip Amp meter

P_L (kW) คือ ค่ากำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้โหลดจริง

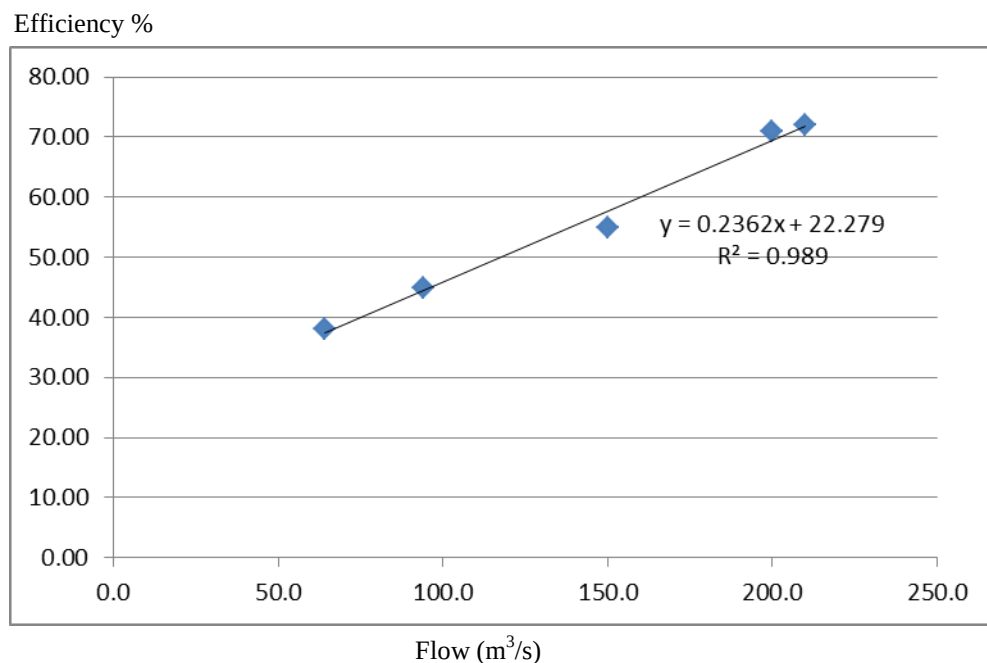
P_B (kW) คือ ค่ากำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้โหลดเทียม

ΣP (kW) คือ ค่ากำลังไฟฟ้ารวม

η_g คือ ประสิทธิภาพเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

$$\eta_t \text{ คือค่าประสิทธิภาพของเครื่องกังหันน้ำ คำนวณจาก } \eta_t = \frac{\rho g Q h}{\eta_g \Sigma P}$$

จากผลการทดสอบในตารางที่ 1 พบว่าเมื่ออัตราการไหลเพิ่มขึ้น ค่าความสูงหัวน้ำจะคงที่ในระยะแรก และค่อยๆ ลดลงเมื่ออัตราการไหลเข้าใกล้ค่าที่ออกแบบไว้ 200 ลิตรต่อวินาที และมีแนวโน้มลดลงมากขึ้นเมื่ออัตราการไหลเกินค่าที่ออกแบบไว้ ที่กำลังผลิตสูงสุดมีค่าความสูญเสียหัวน้ำเท่ากับ 2 เมตร ซึ่งคิดเป็น 4 % จากกราฟในรูปที่ 3 เมื่ออัตราการไหลเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพของเครื่องกังหันน้ำค่อยๆ เพิ่มขึ้นเป็นแบบเชิงเส้น อย่างไรก็ตามจากผลการทดสอบพบว่าระบบสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ 69.5 กิโลวัตต์ โดยเครื่องกังหันน้ำมีประสิทธิภาพสูงสุด 72 %



รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของเครื่องกังหันน้ำและอัตราการไหล

4. สรุปผลการวิจัย

การออกแบบโครงการไฟฟ้าพลังน้ำบ้านผาผึ้ง ได้ดำเนินการเก็บข้อมูลอัตราการไหลของน้ำ และได้ปริมาณน้ำออกแบบ 200 ลิตรต่อวินาที วัดความสูงหัวน้ำโดยใช้ GPS ได้ความสูงหัวน้ำ 50 เมตร ออกแบบใช้ท่อ PVC ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 500 มิลลิเมตร ก่อสร้างฝายสูง 1.5 เมตร ยาว 150 เมตร ใช้เครื่องกังหันน้ำชนิดเทอร์โบ [5] ขนาดกำลังผลิต 70 กิโลวัตต์ และจากการทดสอบเดินเครื่องกังหันน้ำ สามารถกำเนิดพลังงานไฟฟ้าได้ 69.5 กิโลวัตต์ และมีประสิทธิภาพ 72% ซึ่งต่ำกว่าที่ออกแบบไว้ คือ 75 % ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการประกอบเครื่องกังหันน้ำที่ไม่ตรงตามที่ได้ออกแบบไว้ อย่างไรก็ตามสามารถนำขั้นตอนและวิธีการออกแบบตามที่ได้รวบรวมข้อมูลไปใช้พัฒนาโครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กมากต่อไป

5. เอกสารอ้างอิง

- [1] B. A. Nasir, Design of micro-electric power station. *Int J Eng Adv Tech.* **2** (5) (2013): 39-47
- [2] Celso Penche: "Layman's guidebook on how to develop a small hydro site" Published by the European small hydropower Association (ESHA), Second edition, Belgium, June, 1998
- [3] D. Singh, "*Micro-Hydro-Power*" *Resource Assessment Handbook*. New Delhi: the United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific; 2009
- [4] European Small Hydropower Association (ESHA), "Energy recovery in existing infrastructure with small hydro power plants" Sixth Framework Programmed, Publication by Mhyllab, Switzerland, June, 2010
- [5] กิตติพร โพธิ์ขาว, การศึกษาสมรรถนะพร้อมออกแบบเครื่องกังหันน้ำชนิด 2 Jets turbine สำหรับใช้งานในพื้นที่ห่างไกลระบบสายส่งในประเทศไทย. ว วิทย เทคโนโลยี มทรธัญบุรี. **3** (2) (2556) : 51-60.