

การศึกษาระบบผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กจิวขนาด 2,000 วัตต์

แบบมีระบบสะสมพลังงาน

บรรจง เวียงสิมมา และ นิพนธ์ เกตุจ้อย*

Study on 2,000 Watt Pico Hydro-Battery Storage Power System

Bunchong Wiangsimma and Nipon Ketjoy *

วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

School of Renewable Energy Technology (SERT), Naresuan University, Phitsanulok 65000, Thailand

*Corresponding author. E-mail : niponk@nu.ac.th (N. Ketjoy)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กแบบมีระบบสะสมพลังงาน สำหรับการใช้งานช่วงที่มีความต้องการไฟฟ้าสูง พร้อมทั้งปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กให้สูงขึ้น และเป็นการศึกษาแนวทางในการพัฒนาการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำต้นทุนต่ำสำหรับใช้ในชุมชนชนบท ซึ่งการศึกษาได้เริ่มจากการสำรวจหาแหล่งน้ำเพื่อหาปริมาณน้ำและระดับความสูงของ หัวน้ำ ข้อมูลที่ได้นำมาใช้ในการออกแบบระบบ จากการคำนวณพบว่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ระบบผลิตได้มีค่าเท่ากับ 2,000 W ซึ่งในงานวิจัยนี้เลือกใช้เครื่องกังหันน้ำชนิดแรงสะท้อน (Reaction Turbine) แบบใบพัด (Propeller) และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาด 2,000 W ชนิด 1 Phase 50 Hz และมีระบบสะสมพลังงานไฟฟ้าโดยใช้แบตเตอรี่ขนาด 6,000 Wh เพื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับภาระทางไฟฟ้า โดยใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กเป็นแหล่งจ่ายพลังงานหลัก และใช้ระบบสะสมพลังงานเป็นแหล่งจ่ายพลังงานเสริมในช่วงที่มีความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าสูง จากการศึกษาพบว่าประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กแบบมีระบบสะสมพลังงานมีค่าเท่ากับ 22.56 เปอร์เซ็นต์ โดยการสูญเสียพลังงานส่วนใหญ่เกิดขึ้นในส่วนเครื่องกังหันน้ำ

คำสำคัญ: ระบบผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก ระบบสะสมพลังงาน

Abstract

The purpose of this research was to study on pico hydro-battery storage power system (PHBS) which use when over demand of power are occur and to development the efficient of PHBS and finding the way to produce low electricity cost from pico hydro system in rural area. The study was started by a survey of water resource to find out the head and water flow. From the survey data the maximum power at 2,000 W was determine. Hence this research the propeller reaction turbine type with generator capacity of 2,000 W (single phase/50 Hz) and battery storage capacity 6,000 Wh was used. In this system the pico hydro power are main generator and battery storage are energy backup as will be supplied power during high load demand. The studied found that the efficiency of PHBS was 22.56% as most of energy losses are from pico hydro turbine.

Keywords: Pico hydro system, Battery storage system

บทนำ

สภาวะการณ์ของโลกในยุคปัจจุบันความต้องการใช้พลังงานเพิ่มสูงขึ้นตามจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้นและ การเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ และสังคมที่ขยายตัวอย่างรวดเร็วส่งผลให้เกิดการใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มสูงขึ้นเช่นกัน ซึ่งไฟฟ้าที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันส่วนใหญ่ใช้พลังงานจากฟอสซิลในการผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้า พลังงานจากฟอสซิลเป็นพลังงานที่ไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ และมีแนวโน้มที่จะ

หมดไป อีกปัญหาหนึ่งจากการใช้พลังงานจากฟอสซิล คือ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกซึ่งส่งผลให้เกิดปรากฏการณ์สภาวะโลกร้อน ปัจจุบันมีการนำพลังงานทดแทนมาใช้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้ามากขึ้น น้ำเป็นพลังงานทดแทนอีกแหล่งหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ในการผลิตไฟฟ้าได้ เพราะเป็นพลังงานที่ได้จากธรรมชาติ เป็นพลังงานที่สะอาด สามารถหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ได้ และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก เป็นเทคโนโลยีอีกรูปแบบหนึ่งที่สามารถใช้ผลิตไฟฟ้าที่มีขนาดกำลังการผลิตตั้งแต่ 100 - 5,000 W เหมาะสำหรับใช้ในชุมชนที่มีศักยภาพแหล่งน้ำเนื่องจากใช้งบลงทุนต่ำ ติดตั้งง่าย และการดูแลรักษาได้ง่าย

ที่ผ่านมาได้มีการวิจัยเกี่ยวกับระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก ทั้งประเด็นทางด้านเทคนิค และสังคม Maher P. ได้ศึกษาระบบผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก ซึ่งใช้ Pelton Turbine ต่อตรงเข้ากับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบ Induction Generator ขนาดกำลังการผลิต 1,100 W ท่อนำน้ำใช้ท่อ PVC เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.11 m ยาว 158 m หัวน้ำสูติเท่ากับ 28 m อัตราการไหลของน้ำเข้าสู่กังหันเท่ากับ $0.084 \text{ m}^3/\text{s}$ กำลังไฟฟ้าส่วนเกินถูกป้อนให้กับ Ballast load จำนวนครีวเรือนที่ใช้ไฟฟ้ามีทั้งหมด 65 ครีวเรือน ภายในรัศมี 550 m จากระบบฯ โดยการเชื่อมต่อกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าด้วยระบบหนึ่งเฟส แต่ละครีวเรือนได้รับไฟ 230 V ซึ่งเพียงพอสำหรับใช้หลอดไฟประหยัดพลังงาน 1-2 หลอด และวิทยุ 1 เครื่อง (Maher P., 2002(a) (b)) ไพฑูรย์ และคณะได้ศึกษาปัญหาที่เกิดจากการใช้งาน และการแก้ปัญหาของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก ณ หมู่บ้านท่าแปน เมืองหลวงพระบาง สาธารณะประชาธิปไตยประชาชนลาว หมู่บ้านดังกล่าวยังไม่มีไฟฟ้าจากสายส่งเข้าถึง มีประชากรทั้งหมด 130 คน จากจำนวน 50 หลังคาเรือน ชาวบ้านสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าใช้ได้เองจากแหล่งพลังงานน้ำที่มีในหมู่บ้าน โดยแต่ละครีวเรือนจะติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กสำหรับผลิตไฟฟ้าใช้ในครีวเรือน ภายในหมู่บ้านมีการติดตั้งระบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กจำนวน 19 ระบบ กำลังการผลิตรวมทั้งสิ้น 2,200 W ภาระทางไฟฟ้าส่วนใหญ่ คือ หลอดไฟขนาดตั้งแต่ 5-100 W และโทรทัศน์ จากการสำรวจพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าพบว่าชาวบ้านส่วนใหญ่ใช้ไฟฟ้าในช่วงเวลาประมาณ 18.00 - 07.00 น. โดยปล่อยให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าทำงานตลอดเวลาจนถึงรุ่งวันเช้าของใหม่ ซึ่งการใช้ไฟฟ้าของชาวบ้านพบปัญหาคือ หลอดไฟขาดบ่อย สาเหตุมาจากแรงดันไฟฟ้าที่ไม่สม่ำเสมอ นอกจากนี้ตัวเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามักเกิดความเสียหายเมื่อทำงานโดยไม่มีการทางไฟฟ้า หรือมีการทางไฟฟ้าต่ำกว่าขนาดกำลังการผลิตจริง จากปัญหาดังกล่าวคณะวิจัยได้ออกแบบระบบควบคุมแรงดันไฟฟ้า และสร้างเครื่องควบคุมแรงดันต้นแบบ และนำไปติดตั้งทดสอบ ณ บ้านท่าแปน พบว่าเครื่องควบคุมฯ สามารถแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้เป็นอย่างดี อุปกรณ์ไฟฟ้าสามารถใช้งานได้ตามปกติแก้ปัญหาหลอดไฟขาด อีกทั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าไม่เกิดความเสียหายกรณีที่ไม่มีการทางไฟฟ้า (ไพฑูรย์ และคณะ, 2548) แต่จากการศึกษาพบว่าระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กยังมีข้อจำกัด ในกรณีหากมีความต้องการใช้ไฟฟ้าสูง ระบบฯ อาจไม่สามารถจ่ายไฟฟ้าได้เพียงพอต่อความต้องการ นอกจากนี้ประสิทธิภาพรวมของระบบยังต่ำ เนื่องจากพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้บางส่วนไม่ได้ถูกนำมาใช้งาน เพราะบางช่วงเวลาไม่มีการทางไฟฟ้า ดังนั้นบทความนี้จะนำเสนอแนวคิดในการสร้างระบบฯ ให้สามารถจ่ายไฟฟ้าในช่วงที่มีความต้องการ

สูง โดยเพิ่มระบบสะสมพลังงานเพื่อเก็บกักพลังงานไฟฟ้าไว้ในช่วงที่มีความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าสูง และเพื่อเพิ่มความมั่นคงและเสถียรภาพของระบบ รวมถึงประสิทธิภาพรวมของระบบให้สูงขึ้น

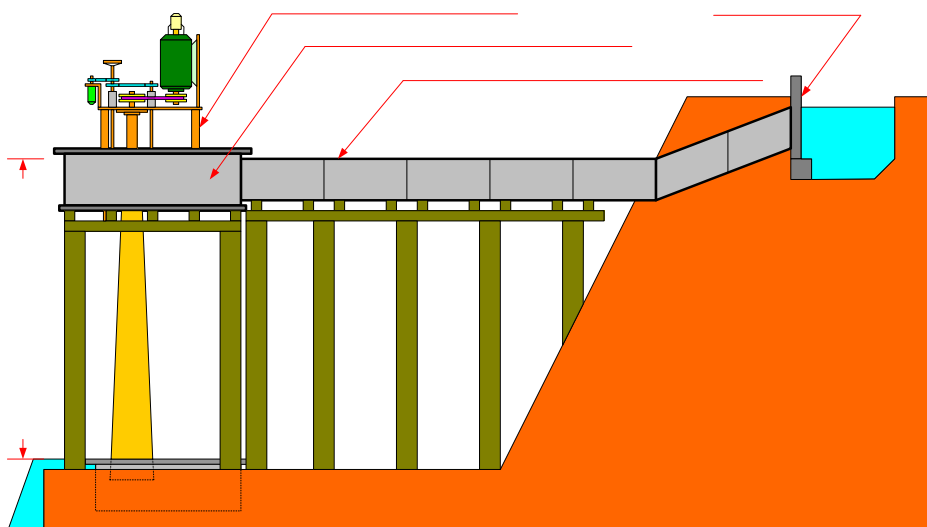
การออกแบบระบบ

การออกแบบด้านโยธา ได้ออกแบบการสร้างฝายกันน้ำ โดยใช้กระสอบทรายวางกันลำน้ำเรียงกันจำนวน 4 แถว สูง 0.5 m กว้าง 5 m เพื่อผันน้ำเข้าคลองดินส่งน้ำขนาดความกว้าง 1 m ความลึก 0.8 m และความยาว 10 m และเข้าท่อคอนกรีตส่งน้ำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.3 m ความยาว 7 m เข้าสู่เครื่องกังหันน้ำ โดยความสูงของระบบหัวน้ำสูติ 2.5 m และอัตราการไหลของน้ำ 120 m³/s ดังภาพที่ 1

จากหัวน้ำสูติที่ได้สามารถคำนวณหากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากสมการที่ (1)

$$P = \eta \rho g Q H \quad (1)$$

เมื่อ	P	คือ ค่า กำลังไฟฟ้า (W)
	Q	คือ ค่าอัตราการไหลของน้ำผ่านเครื่องกังหันน้ำ (m ³ /s)
	H	คือ ค่าความสูงหัวน้ำสูติ (m)
	h	คือ ค่าประสิทธิภาพของเครื่องกังหันน้ำ (0.7)
		คือ ค่าความหนาแน่นของน้ำ (kg/m ³)
	g	คือ ค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง (9.81 m/s ²)



ภาพที่ 1 ระดับความสูงหัวน้ำสูติและลักษณะการติดตั้งระบบ

การออกแบบด้านเครื่องกล ออกแบบโดยใช้เครื่องกังหันน้ำขนาด 2,000 W ซึ่งได้จากการคำนวณตามสมการที่ (1) โดยกังหันน้ำมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของใบกังหัน 0.20 m เพื่อให้เหมาะสม

กับความสูงหัวน้ำสุทธิตั้งที่ 2.50 m อัตราการความเร็วของน้ำที่ 5 m/s ซึ่งสามารถหาค่าอัตราการไหลของน้ำได้จากสมการที่ (2)

$$Q = (p/4)(D_o^2 - D_i^2)v \quad (2)$$

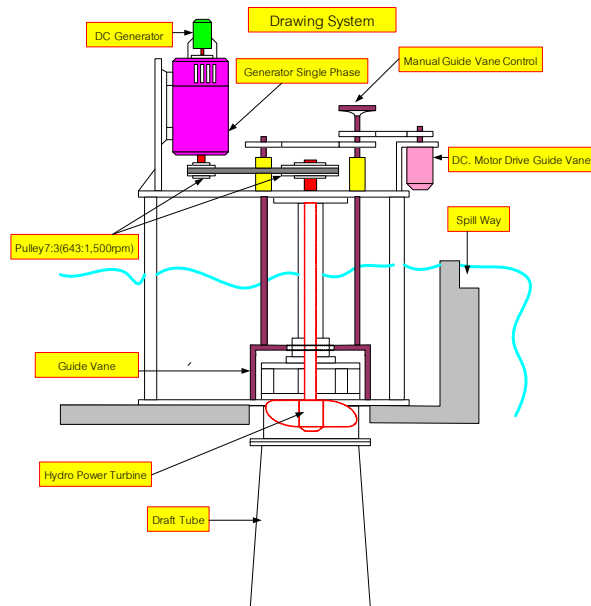
เมื่อ	Q	คือ ค่าอัตราการไหลของน้ำผ่านเครื่องกังหันน้ำ (m^3/s)
	D_o	คือ ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของกังหันน้ำ (m)
	D_i	คือ ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางภายในของกังหันน้ำ (m)
	v	คือ อัตราความเร็วของน้ำ (m/s)

ดังนั้นเมื่อ $D_o = 0.20$ m และ $D_i = 0.10$ m เมื่อแทนค่าในสมการ (2) จะสามารถรับอัตราการไหลของน้ำผ่านเครื่องกังหันน้ำ (Q) เท่ากับ $0.066 m^3/s$ เมื่อนำไปติดตั้งกับระดับความสูงหัวน้ำสุทธิ 2.5 m จะได้พลังงานเท่ากับ 2,020 W ดังภาพที่ 2

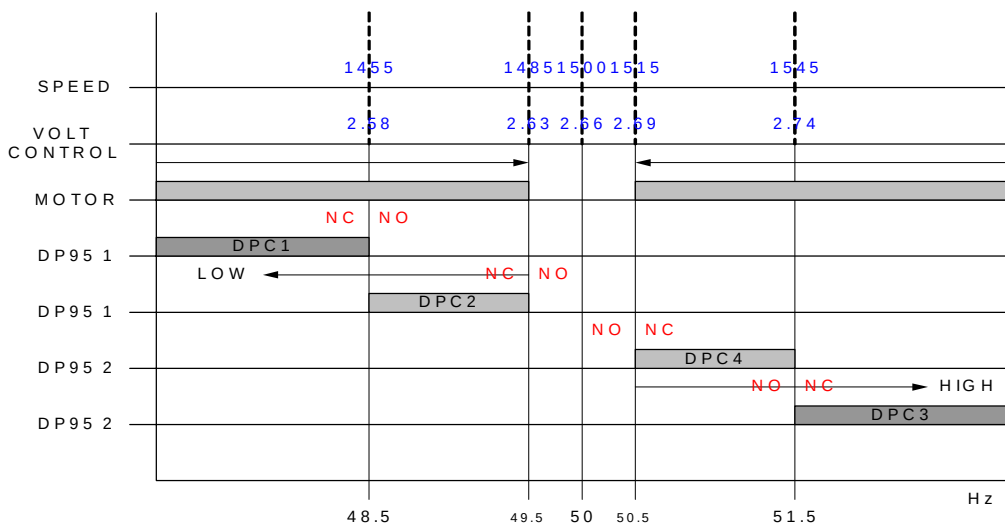


ภาพที่ 2 ใบกังหันน้ำขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.20 m

ระบบควบคุมความเร็วรอบของเครื่องกังหันน้ำ เพื่อให้ได้สภาวะความเร็วรอบคงที่ (ความเร็วรอบเครื่องกังหันน้ำ 643 rpm หรือความเร็วเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 1,500 rpm) การควบคุมการอัตราการไหลของน้ำที่ไหลเข้าตัวกังหันน้ำ (ใบไทด์เวน) ใช้การควบคุมการปิดเปิดใบไทด์เวנדังภาพที่ 3 ซึ่งควบคุมโดยการนำแรงดันไฟฟ้าที่ได้จาก DC Generator เป็นสัญญาณเข้าไปประมวลผลในอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบ (DP95) ซึ่งอุปกรณ์นี้จะทำหน้าที่สั่งให้มอเตอร์ขับเคลื่อนกลไกการปิดเปิดใบไทด์เวนเพื่อควบคุมอัตราการไหลของน้ำให้รักษาความเร็วรอบของเครื่องกังหันน้ำให้อยู่สภาวะคงที่ ซึ่งสภาวะการทำงานของระบบแสดงดังภาพที่ 4



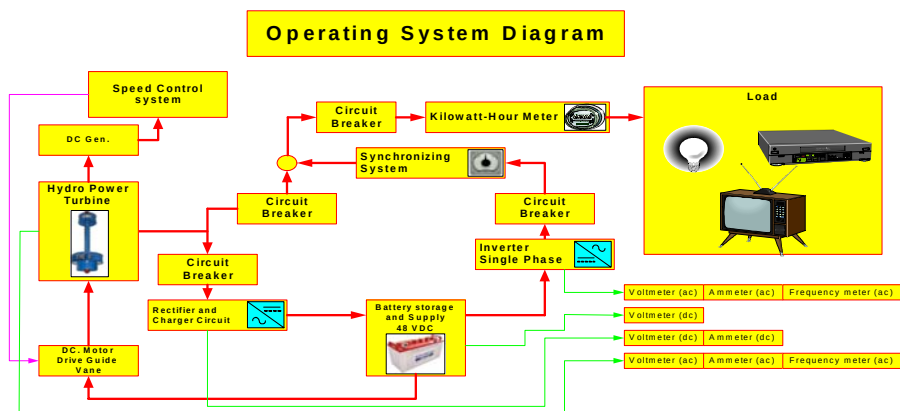
ภาพที่ 3 โครงสร้างของเครื่องกังหันน้ำ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า และการควบคุมการอัตราการไหลของน้ำที่ไหลเข้าตัวกังหันน้ำ



ภาพที่ 4 ลักษณะการทำงานของชุดควบคุมความเร็วรอบเครื่องกังหันน้ำ

การออกแบบด้านไฟฟ้าและระบบควบคุม จากการออกแบบได้เลือกเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดจิวขนาดกำลังไฟฟ้าสูงสุด 2,000 W เพื่อทำหน้าที่จ่ายไฟฟ้าให้กับภาระทางไฟฟ้าพร้อมทั้งสะสมพลังงานไว้ในแบตเตอรี่ขนาด 6,000 Wh ในช่วง Off Peak และทำการจ่ายพลังงานร่วมกันระหว่างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดจิวและระบบสะสมพลังงาน โดยที่ระบบสะสมพลังงานจะจ่ายกำลังไฟฟ้าเสริมในระบบไม่เกิน 1,000 W ในช่วง On Peak ดังนั้นกำลังไฟฟ้ารวมในระบบที่ออกแบบไว้

จะสามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับภาระทางไฟฟ้าในระบบได้สูงสุดในช่วง Off Peak (22.00 น. – 05.00 น. และ 08.00 น. – 18.00 น.) ไม่เกิน 2,000 W และจ่ายกำลังไฟฟ้าในช่วง On Peak (05.00 น. – 08.00 น. และ 18.00 น. – 22.00 น.) ได้สูงสุดไม่เกิน 3,000 W ดังภาพที่ 5

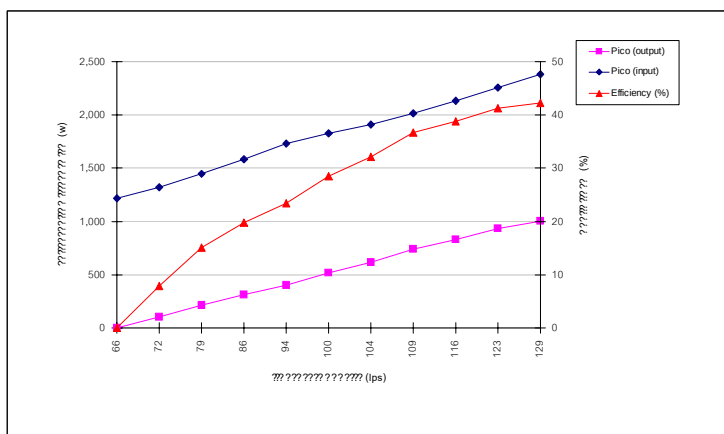


ภาพที่ 5 การควบคุมและเก็บข้อมูลของระบบ

ผลการศึกษา

การประเมินประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก สามารถหาได้จากอัตราค่าพลังงานขาออก (Power output) เทียบกับอัตราค่าพลังงานขาเข้า (Power input) ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก ตามสมการที่ (3) จากผลการทดลองพบว่าค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กขนาด 2,000 W มีค่าเท่ากับ 28.56 เปอร์เซ็นต์ ภาพที่ 6 แสดงประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กที่ค่าอัตราการไหลต่าง ๆ

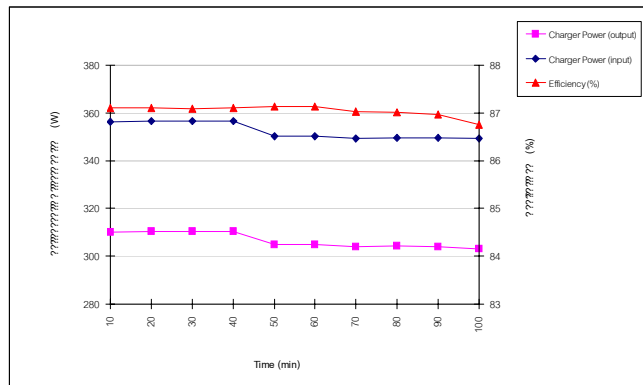
$$h = \text{Power output} / \text{Power input} \text{ หรือ } (VI) / (hrgQH) \quad (3)$$



ภาพที่ 6 ค่าประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กขนาด 2,000 W

การประเมินค่าประสิทธิภาพของอุปกรณ์ควบคุมการประจุแบตเตอรี่ สามารถหาได้จาก อัตรากำลังงานขาออกเทียบกับอัตรากำลังงานขาเข้าของอุปกรณ์ควบคุมการประจุไฟฟ้า ตามสมการ (4) จากผลการทดลองพบว่าค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยของอุปกรณ์ควบคุมการประจุไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ 87 เปอร์เซ็นต์ ภาพที่ 7 แสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์ควบคุมการประจุแบตเตอรี่

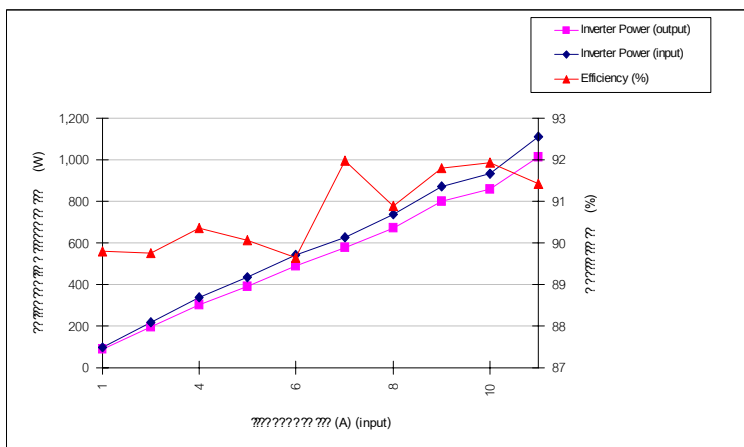
$$h = \text{Power output/Power input หรือ } (VI)_{\text{out}}/(VI)_{\text{in}} \quad (4)$$



ภาพที่ 7 ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพของอุปกรณ์ควบคุมการประจุแบตเตอรี่

การประเมินค่าประสิทธิภาพของอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter) สามารถหาได้จาก อัตรากำลังงานขาออกเทียบกับอัตรากำลังงานขาเข้าของอุปกรณ์แปลงกระแสตรงเป็นกระแสสลับ ตามสมการ (5) จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยของอุปกรณ์แปลงกระแสตรงเป็นกระแสสลับมีค่าเท่ากับ 91 เปอร์เซ็นต์ ดังภาพที่ 8

$$h = \text{Power output/Power input หรือ } (VI)_{\text{out}}/(VI)_{\text{in}} \quad (5)$$



ภาพที่ 8 ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพของอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้า

สรุป

จากการวิเคราะห์พบว่าเมื่อทำการทดสอบจ่ายพลังงานไฟฟ้าของระบบ คุณภาพไฟฟ้าของระบบสามารถจ่ายแรงดันไฟฟ้าและความถี่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของการไฟฟ้าฯ ในส่วนประสิทธิภาพของระบบเครื่องผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดจิ๋วแบบมีระบบสะสมพลังงานเท่ากับ 22.56 เปอร์เซ็นต์ โดยแยกเป็นอุปกรณ์ แต่ละอุปกรณ์ คือ ประสิทธิภาพของเครื่องกังหันน้ำและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเท่ากับ 28.56 เปอร์เซ็นต์ ประสิทธิภาพของเครื่องควบคุมการประจุไฟฟ้าเท่ากับ 87 เปอร์เซ็นต์ และ ประสิทธิภาพของเครื่องแปลงกระแสตรงเป็นกระแสสลับเท่ากับ 91 เปอร์เซ็นต์ สาเหตุที่ส่งผลทำให้ประสิทธิภาพทั้งระบบของเครื่องผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดจิ๋วแบบมีระบบสะสมพลังงานต่ำนั้นเกิดจากการสูญเสียกำลังงานในส่วน of เครื่องกังหันน้ำ ซึ่งเครื่องกังหันน้ำเป็นแบบความเร็วรอบต่ำที่ 643 rpm ต้องใช้ลูกรอกเพิ่มความเร็วยิ่งขึ้นเพื่อให้ได้ความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีความเร็วรอบ 1,500 rpm จึงทำให้เกิดการสูญเสียกำลังงานที่สูญหาย ประกอบกับเกิดการสูญเสียจากใบพัดน้ำ

เอกสารอ้างอิง

P. Maher, Micro Hydro Centre(2002 (a)).*Community pico hydro in sub-Sahara Africa: case study*
1.

P. Maher, Micro Hydro Centre(2002(b)). *Community pico hydro in sub-Sahara Africa: case study*
2.

ไพฑูรย์ เหล่าดี,วิวัฒนพงษ์ รักษ์วิเชียร , นิพนธ์ เกตุจ้อย,Wolf Ruediger Engelke และวุฒิพงษ์ สุภณธนา,
(2548). ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดจิ๋ว กรณีศึกษาบ้านท่าแปน หลวงพระบาง
สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว.การประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย
ครั้งที่ 1 วันที่ 11 -13 ตุลาคม 2548 โรงแรมแอมบาสซาเดอร์ ซิตี้จอมเทียน จังหวัดชลบุรี